



Jednoúčelové zařízení pro výrobu polotovaru filtru

Diplomová práce

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

Konstrukce strojů a zařízení

Autor práce:

Bc. Dominik Eisler

Vedoucí práce:

doc. Ing. Martin Bílek, Ph.D.

Katedra textilních a jednoúčelových strojů





Zadání diplomové práce

Jednouúčelové zařízení pro výrobu polotovaru filtru

Jméno a příjmení: **Bc. Dominik Eisler**
Osobní číslo: S19000246
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: Konstrukce strojů a zařízení
Zadávací katedra: Katedra textilních a jednouúčelových strojů
Akademický rok: 2019/2020

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši současného stavu výroby filtrů pro vzduchovou a kapalinovou filtraci se zaměřením na zpracování netkané textilie.
2. Na základě provedené rešerše zvolte vhodný princip výroby polotovaru filtru a navrhňte varianty uspořádání funkčního modelu jednouúčelového zařízení určeného pro výrobu fixovaných skladů filtračních vložek.
3. Na základě vybrané varianty navrhňte a konstrukčně zpracujte funkční model jednouúčelového zařízení určeného pro výrobu polotovaru filtru vyráběného z netkané textilie s obsahem nanovláken v šíři 300 mm.
4. Zpracujte výkresovou dokumentaci jednouúčelového zařízení.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce:
Jazyk práce:

Výkresová dokumentace
35 stran
tištěná/elektronická
Čeština



Seznam odborné literatury:

- [1] PEŠÍK, Lubomír. Části strojů: stručný přehled. Díl 2 / Vyd. 2. Liberec: Technická univerzita, 2005. ISBN 80-7083-608-3.
- [2] BOHÁČEK, F. a kol: Části a mechanismy strojů III. Převody. Brno: Vysoké učení technické, 1982.
- [3] JULIŠ, K., BREPTA, R.: Mechanika I. díl. Statika a kinematika. Technický průvodce 65. SNTL Praha 1986.
- [4] BRÁT, V., ROSENBERG, J., JÁČ, V.: Kinematika. SNTL/ALFA Praha 1987.
- [5] ĎAĎO, Stanislav, KREIDL, Marcel: Senzory a měřicí obvody. Monografie ČVUT. Praha: ČVUT skriptum, 1996. ISBN 80-01-01500-9.

Vedoucí práce:

doc. Ing. Martin Bílek, Ph.D.
Katedra textilních a jednoúčelových strojů

Datum zadání práce:

25. února 2020

Předpokládaný termín odevzdání:

30. dubna 2021

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan

L.S.

doc. Ing. Martin Bílek, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

3. června 2021

Bc. Dominik Eisler

Anotace

V úvodu se diplomová práce stručně zabývá problematikou a obecným přehledem technologie vzduchové filtrace se zaměřením na typy a nejpoužívanější nanovláknenné materiály filtračních vložek. Na tuto problematiku navazuje kapitola s rozbořením současného stavu výroby filtračních vložek pro vzduchovou a kapalinovou filtraci vhodných pro zpracování netkaných textilií. Na základě provedené rešerše byly navrženy dvě varianty uspořádání funkčního modelu jednoúčelového zařízení pro výrobu fixovaných skladů filtračních vložek patronových filtrů. V závislosti na variantách uspořádání stroje se práce zabývá i výběrem optimálního tvaru nástroje a stanovením optimálních podmínek pro tvorbu ryl, kterých bylo docíleno experimentálně. V souvislosti s vybranou variantou je závěrem popsáno konstrukční zpracování funkčního modelu jednoúčelového zařízení, které je vhodné pro výrobu filtračních vložek z netkaných textilií s obsahem nanovláken v šíři vložky v rozmezí 40-300 mm. Diplomová práce obsahuje výkresovou dokumentaci vybraného návrhu jednoúčelového zařízení.

Klíčová slova

filtr, filtrační vložka, jednoúčelové zařízení, nanovláknenná vrstva, ryla, skládaný filtr

Annotation

In the introduction, the thesis briefly deals with the problematics and general overview of air filtration technology with a focus on the types and most used nanofiber materials of filter cartridges. This problematics is followed by a chapter with an analysis of the current state of production of filter inserts for air and liquid filtration suitable for the processing of nonwovens. Based on the research, two variants of the arrangement of the functional model of a single-purpose device for the production of fixed stocks of filter cartridges for cartridge filters were proposed. Depending on the variants of the machine layout, the work also deals with the selection of the optimal shape of the tool and the determination of the optimal conditions for the creation of groove, which were achieved experimentally. In connection with the selected variant, the design of the functional model of a single-purpose device is described, which is suitable for the production of filter inserts from nonwovens with nanofiber content in the width of the insert in the range of 40-300 mm. The diploma thesis contains drawing documentation of a selected design of a single-purpose device.

Keywords

filter, filter insert, single-purpose device, nanofiber layer, groove, folded filter

Poděkování

Tímto děkuji svému vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Martinu Bílkovi Ph.D. za vstřícnost a trpělivost, odborné vedení práce po celou dobu jejího zpracovávání, veškeré cenné rady a za pravidelné konzultace, které mi byly velmi nápomocné.

Obsah

Seznam ilustrací.....	10
Seznam tabulek.....	11
Seznam použitých zkratk a symbolů	12
Úvod	15
1 Obecný přehled filtrační technologie vzduchu.....	16
1.1 Hlavní vlastnosti filtrů	16
1.2 Rozdělení vzduchových filtrů.....	17
1.3 Nejčastěji používané materiály nanovlákných vzduchových filtrů	20
2 Současné principy výroby skládaných filtrů	22
2.1 Tvorba ryl	22
2.1.1 Způsob tvorby ryl prostřednictvím ultrazvuku.....	23
2.1.2 Způsob tvorby ryl prostřednictvím infračerveného paprsku	24
2.1.3 Způsob tvorby ryl prostřednictvím tvarových válců	25
2.1.4 Způsob tvorby ryl prostřednictvím nožů	26
2.2 Skládání filtrů	27
2.2.1 Skládání prostřednictvím válečků	28
2.2.2 Nože s výkyvným pohybem	29
2.2.3 Udávání konstantní rozteče skladů prostřednictvím spirál.....	30
2.2.4 Planžety s lineárním pohybem.....	31
2.3 Fixace skladů	32
2.3.1 Přímá fixace skladů	32
2.3.2 Fixace lineárním útvarem z boků skladů.....	33
2.3.3 Fixace hřbetů skladů.....	34
2.4 Vybrané patenty	34
2.4.1 Patent US 6290635 B1	35
2.4.2 Patent DE 10 2011 116 947 A1	36
2.4.3 Patent US 5 389 175	37
2.4.4 Patent DE 10 2004 025 501 B4	38
2.4.5 Patent US 2011/0138760 A1	39
2.4.6 Patent US 8,512.499 B2	40
2.4.7 Patent US 2021/0047142 A1	41
3 Zkušební přípravek pro tvorbu záhybů.....	42
3.1 Konstrukční zpracování přípravku.....	42

3.1.1	Tvary nástrojů.....	43
3.2	Realizace experimentů.....	44
3.3	Vyhodnocení vzorků.....	46
3.3.1	Vyhodnocení setu č. 1	46
3.3.1.1	Vizuální vyhodnocení vzorků	46
3.3.1.2	Vyhodnocení vzorků z laserového mikroskopu	48
3.3.2	Vyhodnocení setu č. 2	51
3.3.3	Vyhodnocení setu č. 3	53
3.4	Zhodnocení	54
4	Návrh č. 1	55
4.1	Konstrukční návrh jednotky pro tvorbu ryl, skladů a fixace	57
5	Návrh č. 2	58
5.1	Jednotka pro tvorbu ryl	61
5.1.1	Tvořič ryl	61
5.1.1.1	Dimenzování topných těles	63
5.1.1.2	Návrh pneumatických válců a pneumatického systému	64
5.1.2	Odvíjecí zařízení.....	65
5.2	Jednotka pro tvorbu skladů	65
5.2.1	Návrh pohonu kyvné jednotky	67
5.2.2	Návrh pohonu translační jednotky.....	69
5.2.2.1	Výpočet únosnosti hřídelů.....	73
5.2.2.2	Výpočet životnosti ložisek uložení hřídele	74
5.3	Fixace skladů	74
5.3.1	Set cívek fixačních přízí	76
5.3.1.1	Talířová brzdička.....	77
5.4	Rám stroje	77
	Závěr.....	79
	Seznam použité literatury	81
	Seznam příloh	84

Seznam ilustrací

Obr. 1 – Příklady plochých filtrů.....	17
Obr. 2 – Příklad skládaného filtru [7].....	18
Obr. 3 – Příklad kapsového filtru [8].....	18
Obr. 4 – Příklady patronových filtrů [9].....	19
Obr. 5 – Příklad hadicového filtru [10]	20
Obr. 6 - Princip tvorby skládaného filtračního polotovaru.....	22
Obr. 7 – Schéma tvorby ryl ultrazvukem	24
Obr. 8 – Schéma tvorby ryl infračerveným paprskem [12].....	25
Obr. 9 – Schéma tvorby ryl tvarovými válci	26
Obr. 10 – Schéma tvorby ryl noži.....	27
Obr. 11 – Schéma skládání prostřednictvím válečků	28
Obr. 12 – Schéma tvorby skladů prostřednictvím nožů s výkyvným pohybem.....	30
Obr. 13 – Změna konstantní rozteče prostřednictvím spirál	31
Obr. 14 – Schéma skládání noží s lineráním pohybem	31
Obr. 15 – HEPA filtr [13].....	33
Obr. 16 – Fixace skladů z boků	33
Obr. 17 – Fixace skladů ze strany hřbetů	34
Obr. 18 – Schéma tvorby ryl ultrazvukem [14].....	35
Obr. 19 – Schéma tvorby ryl a skladu patentu DE 10 2011 116 947 A1 [15].....	36
Obr. 20 – Schéma výroby filtrů patentem US 5 389 175 [16].....	37
Obr. 21 – Schéma tvorby skladů, patent DE 10 2004 025 501 B4 [17].....	38
Obr. 22 – Schéma fixace skladů adhezním pramenem, patent US 2011/0138760 A1 [18]	39
Obr. 23 – Zařízení pro výrobu dutinových filtrů patent US 8,512.499 B2 [19].....	40
Obr. 24 – Schéma skládacího zařízení patentu US 2021/0047142 A1 [20].....	41
Obr. 25 – Zkušební přípravek pro tvorbu záhybů	43
Obr. 26 – Tvary nástrojů	44
Obr. 27 – Vzorek U/U 130 °C a vzorek U/U 70 °C	47
Obr. 28 – Barevná mapa výšky vzorku U/U 130 °C	49
Obr. 29 – Řez 3, sken 5, vzorek U/U, 120 °C	50
Obr. 30 – Vzorky U/U, 110 °C.....	52
Obr. 31 – Kontury stavěného filtru.....	53
Obr. 32 – Blokové schéma uspořádání návrhu č. 1	55
Obr. 33 – Schéma uspořádání návrhu č. 1	56
Obr. 34 – Jednotka pro tvorbu ryl, skladů a fixace návrhu č. 1	57
Obr. 35 – Blokové schéma uspořádání návrhu č. 2	58
Obr. 36 – Návrh jednoúčelového zařízení pro výrobu polotovarů filtračních vložek.....	59
Obr. 37 – Schéma uspořádání návrhu č. 2	60
Obr. 38 – Jednotka pro tvorbu ryl.....	61
Obr. 39 – Tvořič ryl.....	62
Obr. 40 – Odvíjecí zařízení	65
Obr. 41 – Jednotka pro tvorbu skladů.....	66
Obr. 42 – Nárysný pohled na zařízení	67
Obr. 43 – Momentová charakteristika motoru 80MPD1.300S014-01 [22].....	68
Obr. 44 – Funkční model skládací jednotky filtračních materiálů	69

Obr. 45 – Momentová charakteristika motoru 80MPD5.300S000-01 [22].....	72
Obr. 46 – Schéma hřídele	73
Obr. 47 – Fixace skladů.....	75
Obr. 48 – Sestava cívek fixačních nití.....	77
Obr. 49 – Talířová brzdička.....	77
Obr. 50 – Rám stoje.....	78

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Podmínky 1. fáze experimentů	45
Tabulka 2 – Podmínky 2. fáze experimentů	46
Tabulka 3 – Průměrné hodnoty výšky ryl v závislosti na teplotě a tvaru nástroje	51
Tabulka 4 – Průměrné hodnoty výšky ryl v závislosti na zatížení a tvaru nástrojů	52

Seznam použitých zkratek a symbolů

c_d	měrná tepelná kapacita duralu
c_o	měrná tepelná kapacita oceli
C	dynamická únosnost ložiska
C_0	statická únosnost ložiska
D	průměr pístu
D_w	střední průměr řemenice
F_e	ekvivalentní síla zatížení na ložisko
F_{stat}	síla působící na hřídel od řemenového převodu
F_t	třecí síla stíracích břitů vozíku lineárního vedení
HEPA	high-efficiency particulate air/arresting [1] zachytávání mikročástic s vysokou účinností
J_h	moment setrvačnosti hřídele
J_{p1}	moment setrvačnosti krokového pohonu kyvné jednotky
J_{p2}	moment setrvačnosti krokového pohonu translační jednotky
$J_{RED,k}$	redukovaný moment setrvačnosti na hřídel motoru kyvné jednotky
$J_{RED,t}$	redukovaný moment setrvačnosti na hřídel motoru translační jednotky
$J_{\dot{r}}$	moment setrvačnosti řemenice
J_s	moment setrvačnosti rotujících hmot kyvné jednotky
k	rezerva/bezpečnost
k_{σ}	součinitel bezpečnosti v ohybu
k_{τ}	součinitel bezpečnosti v krutu
L_h	základní trvanlivost v hodinách
m	celková hmotnost pohybujících se hmot translační jednotky
m_d	hmotnost dorazu (drážky)
m_{d1}	hmotnost vyhřívané desky planžety

m_l	hmotnost vyhřívaného profilu L drážky
m_{j1}	hmotnost jezdce s motorem
m_{j2}	hmotnost jezdce bez motoru
m_p	hmotnost planžety
m_{pp}	hmotnost sestavy planžety (čepy, lišty, šrouby, ...)
m_v	hmotnost vozíku lineárního vedení
M_{Dk}	dynamický kroutící moment kyvné jednotky
M_{Dt}	dynamický kroutící moment translační jednotky
M_k	celkový kroutící moment na hřídeli motoru kyvné jednotky
M_M	maximální kroutící moment krokového motoru
M_o	maximální ohybový moment
M_p	kroutící moment od pasivních odporů
M_s	statický kroutící moment
M_t	celkový kroutící moment na hřídeli motoru translační jednotky
n	otáčky
n_v	počet dvojzdvihů pneumatického motoru
P_d	minimální výkon topných těles pro ohřev soustavy drážky
P_p	minimální výkon topných těles pro ohřev soustavy planžety
P_{r1}	výkon topného rezistoru GBR-612-24-40-2
P_{r2}	výkon topného rezistoru GBR-618-24-20-2
P_{rd}	celkový výkon rezistorů drážky
P_{rp}	celkový výkon rezistorů planžety
PE	polyethylen
PES	polyester
PMMA	polymethylmetakrylát
PP	polypropylen

PTFE	polytetrafluoretylen
PU	polyuretan
PVDF	polyvinylidenefluorid
Q_d	teplo potřebné pro vyhřátí drážky
Q_p	teplo potřebné pro vyhřátí planžety
Q_v	průměrná spotřeba vzduchu válce DSNU-10-15-P-A
R	reakce síly v podporách uložení hřídele
R_u	rádius zaoblení drážky U
s	polovina zdvihu jezdce
U	drážka/planžeta profilu U
UV	ultrafialové
v	rychlost pohybu
V	drážka/planžeta profilu V
V90	drážka s vrcholovým úhlem 90°
z	délka zdvihu válce
α	pracovní úhel vyklopení kyvné jednotky
ε	úhlové zrychlení
σ	napětí v ohybu
σ_{DO}	dovolené napětí v ohybu
τ	napětí v krutu
τ_{DK}	dovolené napětí v krutu
φ	úhel natočení
ω	úhlová rychlost
ΔT	rozdíl teplot

Úvod

Cílem diplomové práce je navrhnout a konstrukčně zpracovat vybraný návrh funkčního modelu jednoúčelového zařízení určeného pro výrobu polotovaru filtrů vyráběného z netkané textilie s obsahem nanovláken. Tyto filtrační vložky jsou využívány především pro filtraci vzduchu ve zdravotnictví, strojním průmyslu, domácnosti, ale i pro filtraci kapalin v automobilovém průmyslu, vodohospodářství a podobně.

První teoretická část diplomové práce se zabývá problematikou filtrační technologie vzduchu. Tento celek je rozdělen do tří částí, a to na stručnou charakteristiku filtrů, typy filtrů dle jejich tvarů a v poslední řadě jsou popsány nejčastěji používané materiály nanovlákných vzduchových filtrů.

Část druhá slouží jako rozbor současného stavu výroby filtrů, a to především se zaměřením na takové principy, kterými lze zpracovávat polymerní netkané textilie s obsahem nanovláken. Tato část je rozdělena do tří hlavních procesů výroby polotovarů filtračních vložek, kterými jsou: tvorba ryl, skládání filtračního materiálu a fixace skladů. V závěru této části jsou popsány vybrané patenty procesů výroby filtračních vložek.

Na základě teoretické části diplomové práce byly vybrány dvě varianty uspořádání stroje, které při procesu výroby filtračních vložek využívají specifických nástrojů. Ty musí být v případě výroby filtračních vložek z polymerních netkaných textilií zahřívány. Návrh těchto specifických nástrojů je popsán v třetí kapitole diplomové práce. Stejně jako funkčnost navržených nástrojů, která byla ověřována experimentálně na jednoduchém přípravku. Třetí kapitola je tedy rozdělena do dvou hlavních celků. První část se zabývá konstrukčním zpracováním přípravku a nástrojů. Druhá část popisuje průběh experimentů, které byly vyhodnocovány vizuálně prostřednictvím fotografií a skenů z laserového mikroskopu.

Předposlední část diplomové práce stručně popisuje první variantu uspořádání funkčního modelu jednoúčelového zařízení určeného pro výrobu fixovaných skladů filtračních vložek.

Závěrem práce jsou popsány hlavní uzly konstrukčního návrhu, který byl zvolen na základě vybraných variant, funkčního modelu jednoúčelového zařízení určeného pro výrobu polotovaru filtru vyráběného z netkané textilie s obsahem nanovláken v šíři 300 mm. Tato část je rozdělena do tří celků podle procesů výroby.

1 Obecný přehled filtrační technologie vzduchu

Filtrace vzduchu je poměrně složitý mechanismus podléhající systému různých jevů, které se objevují v procesu filtrace. Principem filtrace je separace a zadržení pevných částic z tekutiny prostřednictvím filtrační vložky. Filtrační vložky lze rozdělit na 2 druhy dle principu filtrace. Zaprvé, na filtraci hloubkovou, u které je velikost zachycených částic ze vzduchu menší než mezery mezi vlákny filtračního materiálu. Není jasné, v jaké úrovni dojde k zachycení částice. Zadruhé, na filtraci plošnou, u které je velikost zachycených částic větší než mezery mezi vlákny. K zachycení částic dochází zpravidla na povrchu filtračního materiálu. [2]

1.1 Hlavní vlastnosti filtrů

Efektivita, která vyjadřuje poměr množství částic za filtrem a celkové množství disperzního podílu před filtrem. Tato hodnota je vyjadřována procentuálně. Při stoprocentní efektivitě dochází k absolutnímu zachycení všech částic filtrem. Hodnota efektivit se v průběhu filtrace zvyšuje, to je dáno množstvím zachycených částic, které brání průchodu částicím novým. [2] [3]

Tlakový spád, jehož hodnota je dána rozdílem tlaků před a za filtrační vložkou. Snahou při výrobě filtrů je minimalizovat tlakový spád a zároveň maximalizovat efektivitu filtru. Hodnota tlakového spádu se v průběhu filtrace zvyšuje v závislosti na zadrženém množství částic. [2] [3]

Životnost filtru je definována jako množství částic, které je filtr schopen zachytit před dosažením kritické hodnoty tlakového spádu. Při překročení kritické hodnoty dochází k ucpání filtru, které může vyústit až k jeho poškození protržením. [2] [3]

Prodyšnost udává množství tekutiny, která projde skrze 1 m²/min filtru za definovaného tlakového spádu. [2] [3]

Odolnost vůči vnějším vlivům, které na filtrační vložku během filtrace působí, je nutné před těmito vlivy filtr chránit (chemické, mechanické, teplotní vlivy). Zároveň musí být filtr odolný i vůči bakteriím, které na filtru mohou růst a filtrem prorůst. [2] [3]

1.2 Rozdělení vzduchových filtrů

Kromě rozdělení podle způsobu filtrace (hloubková, plošná) lze filtrační vložky dělit i jinými způsoby: podle disperzního prostředí (kapalina, vzduch), podle velikosti filtrovaných částic (hrubá filtrace, mikro filtrace, ultrafiltrace, nano filtrace, reverzní osmóza), a podle tvaru. Rozdělení podle tvaru je dále popsáno v textu. [4]

Ploché filtry

Jedná se o nejjednodušší typ filtru, a to jak z hlediska výrobního, tak i z hlediska jeho zpracování a instalace do zařízení. Tento typ filtrů lze dále dělit na filtry objemové a filtry tenké. Filtry tenké fungují na principu plošného mechanismu filtrace. Příkladem mohou být chirurgické roušky, filtrace digestoří apod. Filtry objemové fungují na principu objemového mechanismu filtrace. Tento typ filtru je určený pro hloubkovou filtraci. [2] [4]



Obr. 1 – Příklady plochých filtrů

a) plochý filtr objemový [5], b) plochý filtr tenký [6]

Skládané filtry

Skládané filtry jsou velmi účinné filtrační vložky, které jsou často známé pod pojmem HEPA filtr (High Efficiency Particulate Air filter). Toto označení nevyjadřuje technologii skládaných filtrů, ale jedná se přímo o specifický typ skládaného filtru.

Výroba těchto filtrů je oproti plochým filtrům náročnější, jelikož filtr prochází více procesy výroby. Nákladné a náročnější je také nutnost zakládat skladné filtry do neprodyšných rámečků, ve kterých jsou následně po okrajích zality nebo zalepeny polymerním materiálem pro těsnost filtru. [4]

Zjednodušeně řečeno se jedná o plochý filtr, který je složen do opakujícího se tvaru „V“ viz Obr. 2. Tento typ filtru je především vyráběn z papírového filtračního materiálu, avšak pro

výrobu se používají i netkané textilie. Pro tvorbu skladů jsou vhodné zvláště tužší materiály (papír) [4]. V některých případech skládání méně tuhých materiálů jsou materiály vyztužovány zpevňující mřížkou. Tento typ filtrů je velmi rozšířený, a to především jako kabinové filtry, filtry ventilací, vzduchové filtry motoru, filtry vysavačů a filtračních masek.



Obr. 2 – Příklad skládaného filtru [7]

Kapsové filtry

Princip filtru je obdobný principu skládaných filtrů. Oproti skládaným filtrům lze zpracovávat jakýkoliv typ materiálu nezávisle na jeho tuhosti. V porovnání se skládanými filtry je efektivita na stejné úrovni, ale jejich výroba je zase o něco náročnější. Nejprve jsou z filtračního materiálu šity kapsy, které jsou poté vloženy do rámečku viz Obr. 3. Nejčastějším využitím těchto filtrů jsou filtry ventilací a klimatizací. [4]



Obr. 3 – Příklad kapsového filtru [8]

Patronové filtry

Patronové filtry se často používají ve třech podobách. Nejjednodušší jsou ploché (tenký i objemový) filtry obtočené okolo perforované dutinky. Dále jako skládané filtry obtočené okolo perforované dutinky. Ale lze je vytvářet i křížovým návinem přástu nebo příze na perforovanou dutinku. Výhodou tohoto typu filtru je poměrně velká účinná plocha při malých rozměrech filtru. [4]



Obr. 4 – Příklady patronových filtrů [9]

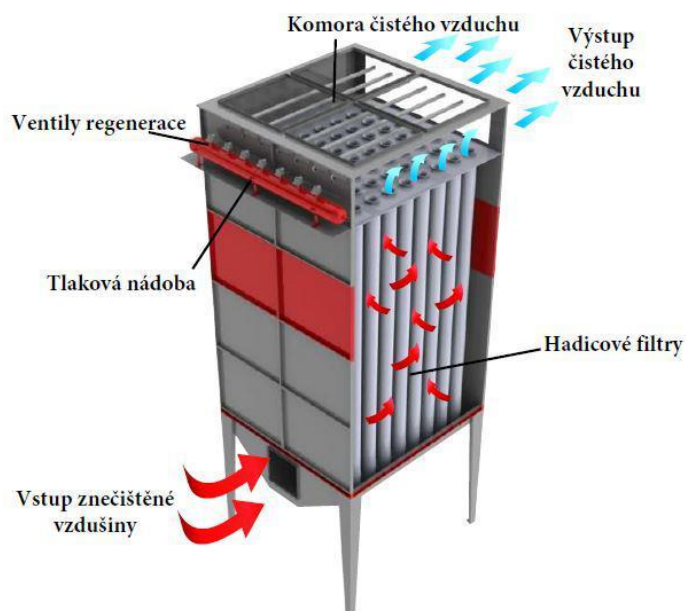
Speciálním typem patronového filtru je filtr s kónickým tvarem. Plocha kónického patronového filtru je ještě větší při stejných rozměrech patrony oproti klasickému patronovému filtru. Hlavní výhodou je menší zakřivení proudnic při průtoku, a proto je tento filtr vhodný do systémů s rychle proudící tekutinou. [4]

Tyto typy filtrů jsou vhodné jak pro vzduchovou filtraci, tak pro filtraci kapalinovou. Příkladem použití jsou kabinové filtry, vzduchové filtry motorů, olejové filtry a palivové filtry. [4]

Patronové filtry lze vyrábět i ve velkých rozměrech, které se nazývají filtry bubnové. Jejich použití je především jako hrubá průmyslová filtrace vod nebo filtrace velmi znečištěného vzduchu. [4]

Hadicové filtry

Hadicové filtry lze považovat za speciální druh patronového filtru, protože fungují na podobném principu. Většinou jsou vložky hadicových filtrů dlouhé několik metrů a ve filtračním zařízení je takovýchto vložek zařazeno až několik stovek. Celá tato soustava filtrů je čištěna zpětným tlakovým pulzem, při kterém se uvolní vyfiltrované částice a spadají do jímky, ze které jsou odváženy a likvidovány. Z tohoto důvodu musí být hadicové vložky typu povrchové (plošné) filtrace. Tento typ filtrace je využíván v rozsáhlých provozech jako jsou spalovny, cementárny, vápenky apod. U tohoto typu filtru jsou kladeny vysoké nároky na odolnost, protože ve většině případů jsou velmi namáhány termicky, chemicky a mechanicky. [4]



Obr. 5 – Příklad hadicového filtru [10]

1.3 Nejčastěji používané materiály nanovláknenných vzduchových filtrů

Polyetylenová vlákna (PE)

PE je termoplast z řady olefinů, který je nepolární s vynikajícími elektroizolačními vlastnostmi. Odolává rozpouštědlům, zásadám, kyselinám, vodě a solím. Filtrační vložky z PE vláken se využívají jako předfiltry vysoce účinných filtrů. [2]

Polyuretanová vlákna (PU)

PU vlákna jsou odolná vůči olejům, UV-záření a ozonu. Filtrační vložky z PU vláken se využívají k odstraňování organických těkavých látek ze vzduchu. Různé typy polyuretanových vláken jsou způsobilé i pro pohlcení par. [2]

Polypropylenová vlákna (PP)

PP je termoplast z řady olefinů, je nepolární s vynikajícími elektroizolačními vlastnostmi. Odolává rozpouštědlům, zásadám, kyselinám, vodě a solím lépe než PE. Filtrační vložky z PP vláken jsou využívány především jako filtry domácích čističek vzduchu. [2]

Polymetylmetakrylátová vlákna (PMMA)

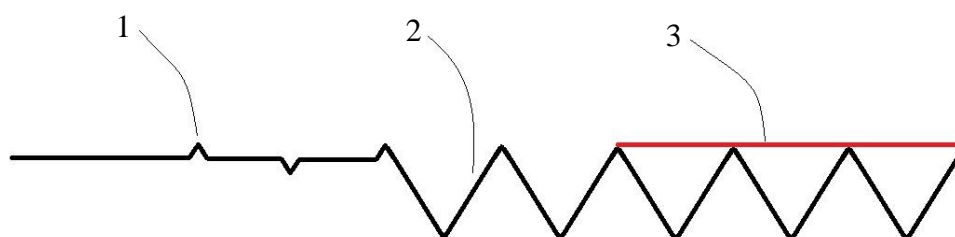
PMMA je termoplast, který neodolává organickým rozpouštědlům. Ve vlhkém prostředí je nasákavý. Filtrační vložky na bázi PMMA sítě slouží k zachycení toluenových, styrenových a anilinových par. [2]

Polyesterová vlákna (PES)

PES se vyskytují ve formě jak termoplastů, tak ve formě reaktoplastů. Vlákná disponují velmi nízkou navlhavostí. Filtrační vložky z PES vláken mají nízký tlakový spád a dobře na sebe poutají prachové částice. Filtrační vložky z PES vláken se používají pro zachycení hrubých nečistot a slouží jako předfiltry filtračních zařízení. Příkladem jsou filtry klimatizací, filtry lakovacích kabin a boxů, filtry větracích jednotek apod. Lze využívat i PES vláken s PTFE (polytetrafluoretylen) membránou, která zvyšuje životnost a účinnost filtru. Filtrační vložky s touto úpravou se využívají například v potravinářském průmyslu a broušení kovů. [2]

2 Současné principy výroby skládaných filtrů

Výrobu skládaných filtrů lze rozdělit na 3 základní operace. A to na tvorbu ryl (1) z plošného filtračního materiálu, poté následuje skládání materiálu s ohybem v místě ryl (2) a v poslední řadě fixace skladů (3). Tyto 3 operace mohou probíhat ve 3 krocích, ale je možné i tyto operace kombinovat a k vytvoření všech prvků lze dosáhnout v 1 kroku. Což může zkrátit dobu cyklu, ale především tento způsob zmenšuje zástavbové rozměry stroje. Nedílnou součástí strojů pro zpracování filtračních materiálů je odvíjení a podávání filtračního materiálu do procesu. Na konci procesu tvorby polotovarů skládaných filtrů musí být zajištěn odtaž filtračního polotovaru, který je následně rolován, skládán nebo řezán do kompaktních celků dle potřeb posloupnosti výroby filtračních vložek.



Obr. 6 - Princip tvorby skládaného filtračního polotovaru

1) ryla, 2) sklad, 3) fixace skladů

Tyto 3 operace jsou podrobněji popsány v následujících podkapitolách s ohledem na výrobní postupy.

2.1 Tvorba ryl

Ryla je vytvořena vytlačení žlábků (hrany) do filtračního materiálu (papír nebo netkané textilie) (Obr. 6, 1) pomocí tupého nástroje, tak aby nedošlo k poškození, a tedy ke znehodnocení filtračního materiálu. Pro vytvoření ryly je vyžadován určitý tlak, teplo a doba působení přitlačné síly.

Rylování papírových filtrů nevyžaduje zahřívaných nástrojů, na rozdíl od textilií z termoplastických vláken. Po odlehčení nástroje a pominutí vnějších sil je v papírovém filtračním materiálu zanechána charakteristická hrana (ryla) a nedochází k výraznému odpružení ohybu.

Kdežto netkané textilie z termoplastických vláken jsou v tomto ohledu náročnější, jelikož by za působení samotného tlaku nedocházelo k vytvoření trvalého prolisu. Proto je zapotřebí v místě působení nástroje materiál zahřát na teploty blízké teplotám, při kterých začíná polymer měknout. V tomto okamžiku je materiál poddajnější a po ochlazení v materiálu zůstane trvalá deformace (ryla). Avšak teplota nesmí přesahovat hodnoty, u kterých by docházelo ke sjednocování jednotlivých vláken materiálu nebo dokonce k jejich degradaci.

V případě, kdy je filtr tvořen vysokými sklady (200-500 mm), mohou být do filtračního materiálu vytlačovány ryly ve směru toku materiálu. Následkem je zvýšení ohybové tuhosti materiálu, která eliminuje případné zhroucení nezafixovaných skladů.

Tvorba ryl je důležitou operací výroby skládaných filtrů, jelikož touto operací je definováno přesné místo ohybu při skládání a zároveň je udávána budoucí výška skladů filtračního polotovaru.

Jelikož je práce zaměřena na zpracování filtračních vložek z polymerních netkaných textilií s nanovláknennou vrstvou, je zapotřebí využívat při tvorbě ryl teplo. Zároveň musí být dostatečně šetrné, aby nedocházelo k poškození nanovláknenné vrstvy. Následující podkapitoly se tedy zaměřují na technologie k tomuto účelu vhodných.

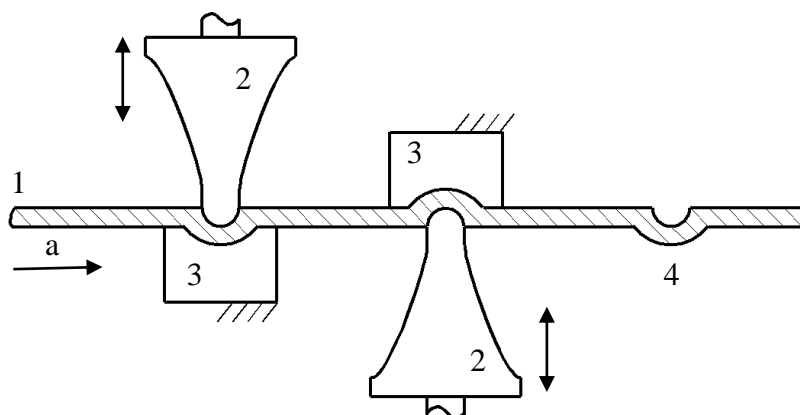
2.1.1 Způsob tvorby ryl prostřednictvím ultrazvuku

Podstatou ultrazvukového svařování je převádění energie z vysokofrekvenčního pohybu nástroje (sonotrody) společně s tlakovou silou na materiál. Energie vibrací a přitlaku je transformována na tepelnou energii a v místě kontaktu dochází k tavení svařovaného materiálu. Tímto způsobem je vytvořeno molekulární spojení svařovaných materiálů.

Při tvorbě ryl do filtračního materiálu je sice této technologie využíváno, ale v takové míře, při které by nemělo docházet k natavení filtračního materiálu. A to především proto, že v případě protavení materiálu může materiál ztrácet své filtrační schopnosti. Z tohoto důvodu je ultrazvuk využíván jen jako médium, které do místa styku vloží takové množství energie, které zajistí trvalý záhyb ve filtračním materiálu.

Filtrační materiál (1) vedený mezi sonotrody (2) a dorazy (3) je v požadované rozteči sevřen mezi doraz a sonotrodu. V sevření dochází k zahřívání materiálu způsobenému tlakem a třením vyvolaným z vysokofrekvenčních kmitů ultrazvuku. V tomto místě tak vznikají trvalý záhyby (4). Po rozevření je materiál odtahován ve směru pohybu (a), přičemž si

vzniklé záhyby zachovávají svůj tvar. Proces se dále opakuje v požadované rozteči horních a spodních záhybů.



Obr. 7 – Schéma tvorby ryl ultrazvukem

1) filtrační materiál, 2) sonotroda, 3) doraz sonotrody, 4) záhyb (ryla)

Jak uvádí studie „*Preliminary Study of Ultrasonic Welding as a Joining Process for Electrospun Nanofiber Mats*“ [11] z roku 2018, tak je možné využít ultrazvuku i při zpracování materiálů s nanovláknennou vrstvou. V případě správného nastavení tlaku a výkonu ultrazvuku lze dosáhnout výsledků, při kterých nedochází k narušení nanovláknenné vrstvy a filtrační materiál si zachovává své vlastnosti. Avšak pro dosažení optimálních výsledků, které by dovolovaly využití technologie v reálném provozu, je zapotřebí proces ultrazvukového svařování optimalizovat a správně připravit filtrační materiály s nanovrstvou. [11] Na základě této studie by bylo nejspíše možné využití ultrazvuku i v procesu tvorby skládaných filtrů, a to především v tvorbě ryl.

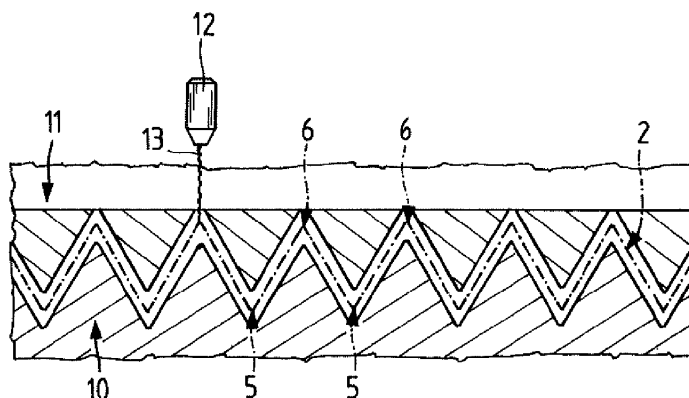
Výhody: relativně jednoduché nastavení podmínek, které lze měnit na základě typu materiálu. Teplo vzniká třením jen v místě působení sonotrody a tak nedochází k výrazným tepelným ztrátám a většina tepelné energie je soustředěna ve filtračním materiálu.

Nevýhody: vyšší pořizovací cena. Nebezpečí znehodnocení nanovláknenné vrstvy. Pro každý druh materiálu je nutné nastavení parametrů procesu výroby.

2.1.2 Způsob tvorby ryl prostřednictvím infračerveného paprsku

Princip této metody spočívá v zahřívání materiálu pomocí infračerveného paprsku nebo jiného externího zdroje tepla. Jelikož se tohoto procesu v praxi nevyužívá, ale pro zpracování nanovláknenných filtrů se princip jeví jako možné řešení, je v této práci stručně popsán na patentu EP 1952873 A1.

Filtrační materiál je ohýbán prostřednictvím vrchní a spodní šablony (10, 11). Fixace ohybů je docílena zahřátím hran (5, 6) pomocí infračerveného paprsku (13). Po odformování šablony, jsou na hřebetech skladů zanechány trvalé deformace vláken a materiál je vytvarován do specifického opakujícího se tvaru „V“ skládaných filtrů. Materiál tudíž nemá tendenci vracet se do svého původního rovinného stavu. [12]



Obr. 8 – Schéma tvorby ryl infračerveným paprskem [12]

2) filtrační materiál, 5,6) hrany skladů, 10) spodní část šablony, 11) horní část šablony, 12) zdroj infračerveného paprsku, 13) infračervený paprsek

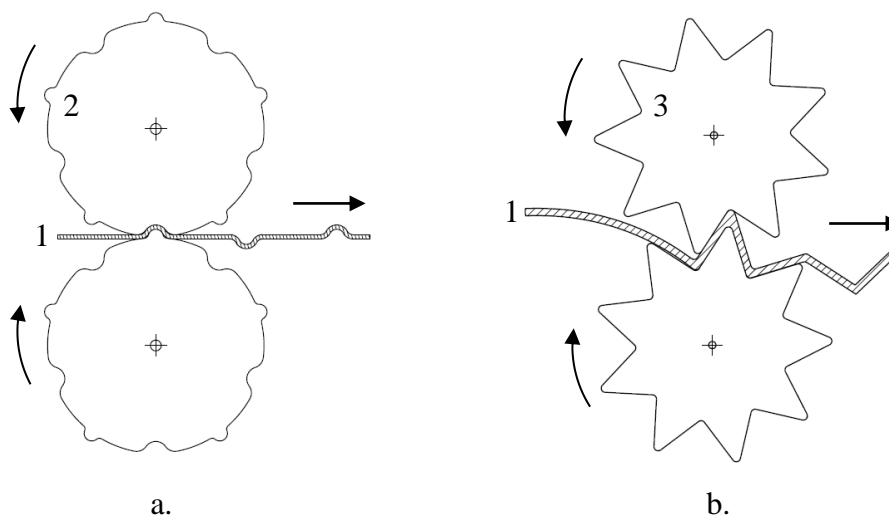
Výhody: poměrně jednoduchá konstrukce. Bezkontaktní způsob ohřevu materiálu.

Nevýhody: pořizovací cena zdroje infračerveného paprsku. Poměrně pomalý a nákladný proces výroby. Pro různé velikosti skladů je zapotřebí různých šablon.

2.1.3 Způsob tvorby ryl prostřednictvím tvarových válců

Způsob tvorby ryl vyobrazený na Obr. 9a. se skládá z filtračního materiálu (1), který je podáván mezi rylovací válce (2). Povrchy na sebe doléhajících válců jsou tvořeny opakujícími se znaky drážka–hřbet v požadované rozteči, která určuje budoucí výšku skladu filtračního polotovaru. Zapadáním hřbetu 1. válce do drážky 2. válce lze vytvořit potřebný záhyb na filtračním materiálu (1).

Druhý princip rylovacích válců z Obr. 9b. je podobný výše zmiňovanému způsobu s tím rozdílem, že filtrační materiál (1) prochází mezi ozubenými válci (3), jejichž výška zubu je stejná jako požadovaná výška skladu.



Obr. 9 – Schéma tvorby ryl tvarovými válci

a. – Drážkované válce, b. – Ozubené válce

1) filtrační materiál, 2) drážkované rylovací válce, 3) rylovací válce s ozubením

Při zpracování netkaných textilií z polymerních vláken je nutné soustavu válců nepřetržitě zahřívat. To může být realizováno prostřednictvím topného tělesa uvnitř dutého (drážkovaného, ozubeného) válce. Vyhřívání takovýchto válců je relativně energeticky náročné a lze očekávat velkých tepelných ztrát do okolí. K teplotnímu ovlivnění materiálu dochází v celé ploše, a to především u principu s ozubenými válci viz Obr. 9b. Toto ovlivnění může mít negativní vliv na filtrační materiál, jelikož při převíjení materiálu může docházet například ke dloužení nebo přetrhu vláken. Důsledkem je tvorba větších mezer mezi vlákny, a to vede ke snížení efektivity filtrační vložky.

Výhody: rychlý proces tvorby ryl. Vhodný především pro papírové filtrační materiály.

Nevýhody: v případě změny výšky skladu filtru je nutné zaměnit válce s jinou roztečí drážek/zubů. Obtížné vyhřívání válců (velké ztráty do okolí). Tepelné ovlivnění filtračního materiálu.

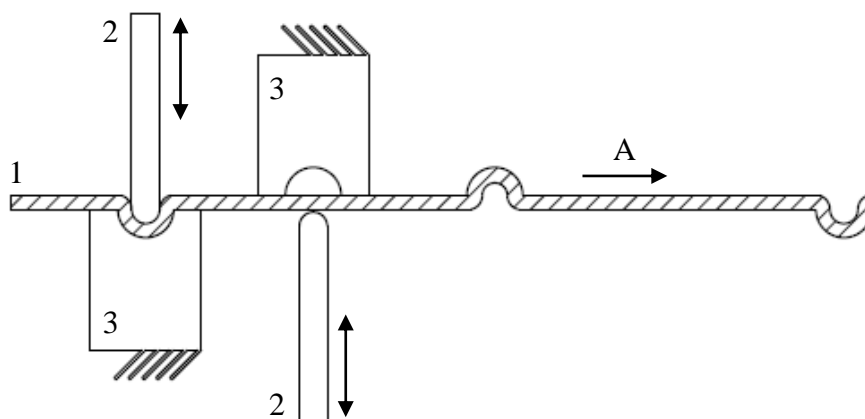
2.1.4 Způsob tvorby ryl prostřednictvím nožů

Proces, který využívá protichůdných nožů, které jsou pro zpracování textilií z termoplastických vláken vyhřívány topnými tělesy.

Jedná se o velmi využívaný způsob tvorby ryl papírových a HEPA skládaných filtrů. Využíván je především pro konstrukční jednoduchost, rychlé a jednoduché nastavení

podmínek provozu, poměrně malé zástavbové rozměry, softwarovou změnu rozteče ryl apod.

Principem této metody tvorby ryl jsou minimálně 2 nože (2) a jejich dorazy s drážkou (3). Nože se pohybují přímočarým vrtaným pohybem ve směru kolmém na směr toku (A) filtračního materiálu (1). Přičemž zdvih nožů je jen o něco větší nežli tloušťka materiálu. Z důvodu takto malých pohybů je proces velmi rychlý. Velkou výhodou tohoto způsobu tvorby ryl je softwarové ovládání zdvihu nožů v závislosti na rychlosti toku materiálu a vstupních veličin zadaných operátorem. Proces tak není limitován tvarem nástroje, jakož to je u tvorby ryl prostřednictvím rylovacích válců. Malý zástavbový prostor nožů a softwarové ovládání zdvihu umožňuje jejich uložení blízko sebe, aniž by bylo zapotřebí výměny nástrojů v případě potřeby tvorby skladů o jiné výšce.



Obr. 10 – Schéma tvorby ryl noži

1) filtrační materiál, 2) nože (planžety), 3) doraz

Výhody: jednoduchá konstrukce. Jednoduché nastavení provozních podmínek: teplota, zdvih, doba přitlaku, velikost tlaku, rozteč ryl.

Nevýhody: při zpracování netkaných textilií z polymerních vláken se doba tvorby ryl pohybuje mezi 1-2 s, a proto je vhodné v procesu výroby využívat většího počtu nástrojů.

2.2 Skládání filtrů

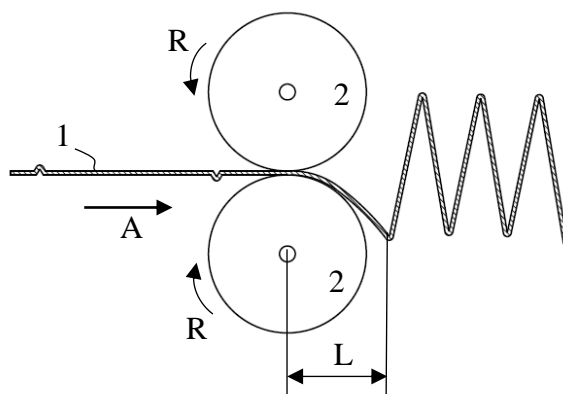
Filtrační materiál s vytvořenými záhyby (ryly) je v následující operaci skládán v požadované a konstantní rozteči, přičemž záhyby udávají místo zlomu (hřbet) filtračního polotovaru (Obr. 6 str.:22). Po dosažení požadované rozteče skladů nadchází proces fixace.

Některé metody tvorby skladů vytváří sklady, které se navzájem dotýkají, a jejich rozteč je teoreticky tak velká jako tloušťka materiálu. Pro výrobu rovinných HEPA filtrů, které mají zpravidla takovou rozteč skladů, je toto výhodou, jelikož je takto naskládán filtrační materiál rovnou fixován. V případě potřeby tvorby skládaných filtrů s větší roztečí je za proces skládání potřeba zařadit zařízení, které je schopno tvořit a udržovat sklady v jiné a konstantní rozteči. Dochází tak k řízenému rozvolnění skladů na větší rozteč.

Nejpoužívanější metody skládání filtrů jsou uvedeny v následujících kapitolách společně s metodami pro zajištění změn roztečí skladů.

2.2.1 Skládání prostřednictvím válečků

Narylovaný filtrační materiál (1) je skládán prostřednictvím hnacích válečků (2) s definovanou přítlačnou silou. Filtrační materiál se za válci v místě ryly zlomí a vytvoří tak spodní hranu skladu. Filtrační materiál se začne stavět až do té doby, než projde skrze válce následující ryla. V tomto okamžiku dojde ke změně orientace síly působící v materiálu a dochází k prolomení materiálu v místě ryly, ve které vzniká horní hrana skladu. Pro správnou funkci skládání je zapotřebí zajistit optimální vzdálenost (L) mezi válci a zónou již vytvořených skladů. Naskládáný materiál je pozvolna odtahován. Pro odtah je zpravidla volen řemen vedený pod skládaným materiálem, popřípadě i nad skládaným materiálem.



Obr. 11 – Schéma skládání prostřednictvím válečků

1) filtrační materiál, 2) válečky, A) směr toku materiálu, R) smysl rotace válečků

Další možností odtahu jsou rotující spirály umístěné z krajů skládacího kanálu, do jejichž mezer jsou sklady stavěny. O jejich funkci více v kapitole 2.2.3 na straně 30.

V případě, že by válce byly moc blízko nebo daleko zóně skladů, nedocházelo by k prolomení materiálu v definovaném místě ryly. To může vést k chaotickému ukládání materiálu.

Skládání prostřednictvím válečků je především vhodné pro výrobu filtrů s nízkými sklady, ale jsou zde i možnosti, jak tento princip využít pro tvorbu skladů o výšce okolo 300 mm. V takovém případě je nutné pohybovat soustavou válců (2) přímočarým vratným pohybem ve směru kolmém na směr pohybu (A) se zdvihem přibližně o požadované výšce skladu. Takto bude docházet k tzv. rozvádění materiálu. Předpokladem pro správnou funkci je dostatečně tuhý filtrační materiál.

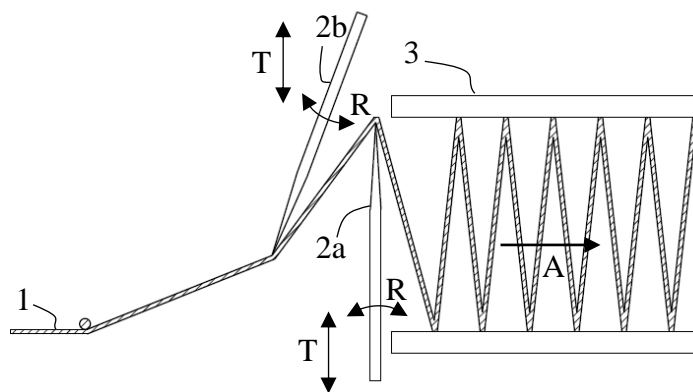
Tento proces je často využíván pro výrobu papírových HEPA filtrů, a to především pro jeho velkou rychlost a efektivitu.

Výhody: nejrychlejší proces skládání filtrů z uvedených principů.

Nevýhody: vhodné jen pro zpracování papírových filtrů a materiálů s vyšší tuhostí. Nelze skládat filtry vyztužené mřížkou.

2.2.2 Nože s výkyvným pohybem

Filtrační materiál (1) je skládán prostřednictvím nožů (2), které jsou uloženy ve stejné rovině proti sobě. Nože při skládání materiálu konají přímočarý vratný pohyb (T) a zároveň rotační (kyvný) pohyb (R). Horní úvrat' nože je taková, když se nůž nachází ve skládacím kanálu, který je tvořen vodíci deskami (3), a je vysunut do pozice výšky skladu. Dle obrázku se v této pozici nachází nůž 2a. V této pozici nůž setrvává a pohybuje se nůž druhý 2b, dokud nezaujme svoji pozici v horní úvratí. Poté je do pohybu uveden nůž 2a a tento cyklus se dále opakuje. Spodní úvrat' je definována tak, že se nůž nachází mimo skládací kanál, a tedy nedochází k žádnému kontaktu s materiálem. Výkyv nože nastává při tvorbě skladu a takzvaně nabírá filtrační materiál, čímž se eliminuje příliš velké namáhání materiálu a nástroje. Čistě translační pohyb je nožem vykonáván při opouštění již vzniklého skladu. K zabránění kolizí nebo namáhání nožů na ohyb v moment, kdy se oba nože nacházejí v horní úvratí, jsou nože opatřeny zařízením umožňující velmi malé vyklonění nože ve směru toku materiálu (A). Tento malý pohyb vždy koná nůž, který se zrovna nachází v horní úvratí, a tedy uhýbá noži vykonávající nový sklad.



Obr. 12 – Schéma tvorby skladů prostřednictvím nožů s výkyvným pohybem

1) filtrační materiál, 2a, 2b) nůž, 3) vodící desky, A) směr toku materiálu, T) translační pohyb nožů, R) kyvný pohyb nožů

Pro bezproblémové a optimální podmínky skládání je důležité vytvořit protitlak ve skládacím kanálu působící proti směru toku materiálu (A). Tento protitlak je důležitý z hlediska znemožnění vtahování skladů zpět do prostoru mezi nože a zamezení rozvolňování skladů. V počátku rozběhu stroje je zapotřebí tento protitlak simulovat, a to například prostřednictvím závaží vloženého do skladového koridoru za nože. Toto závaží znemožňuje posun rozvolněného materiálu skladovým kanálem. V zaběhlém procesu je protitlak tvořen automaticky dostatečným počtem skladů, který tvoří odpor při jejich posuvu.

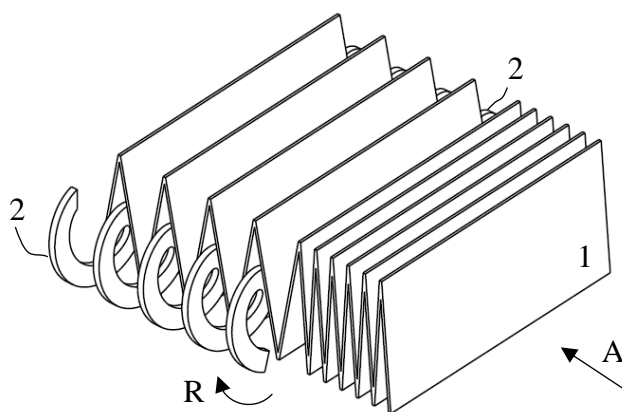
Princip této metody je často využíván pro jeho spolehlivost a poměrně velkou rychlost skládání.

Výhody: poměrně rychlý proces tvorby skládaných filtrů. Lze využít pro tvorbu vysokých skladů (až 500 mm). Jednoduchá regulace rychlosti. Jednoduché nastavení výšky skladů v určitém rozmezí. Možnost tvorby skladů s proměnnou výškou.

Nevýhody: poměrně velké zařízení, které vyžaduje specifické ovládání skládacích nožů.

2.2.3 Udávání konstantní rozteče skladů prostřednictvím spirál

Hustě naskládaný materiál (1) z procesu skládání (např. prostřednictvím válečků) je rozvolňován pomocí spirál (2), které se otáčejí ve směru R, čímž je materiál posouván ve směru toku materiálu A. Stoupání spirál udává filtračnímu materiálu rozteč skladů. Mezitím co jsou sklady drženy spirálami v požadované rozteči, dochází zároveň v tomto okamžiku i k jejich fixaci. A tedy poté co materiál opustí spirály, nedojde k rozpadu skladů.



Obr. 13 – Změna konstantní rozteče prostřednictvím spirál

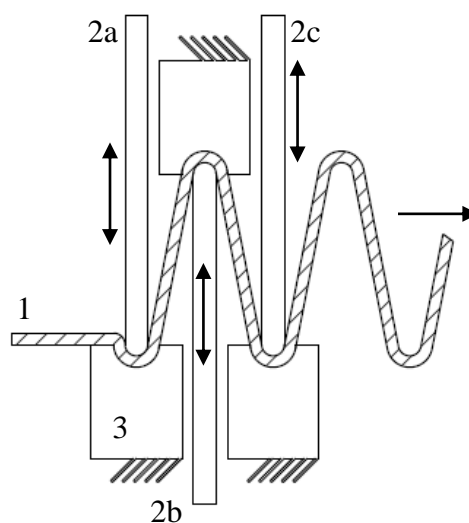
1) Skládáný filtrační materiál, 2) spirály, A) směr toku materiálu, R) rotace spirál

Při tvorbě skladů o velké rozteči jsou používány spirály s proměnným stoupáním. V první části spirál se stoupání vzestupně zvětšuje až do požadované rozteče a druhá část spirály je tvořena konstantním stoupáním. V části konstantního stoupání poté dochází k fixaci skladů.

2.2.4 Planžety s lineárním pohybem

Princip tvorby skladů planžetami s lineárním pohybem je podobný tvorbě ryl plisovacími noži. A proto je nutné při zpracování textilních materiálů z termoplastických vláken planžety zahřívat pro dosažení trvalého tvaru ryl, které jsou v tomto procesu tvořeny společně se sklady.

Planžety konají přímočarý vratný pohyb, přičemž jejich zdvih odpovídá výšce skladu filtru. Jako první dochází k maximálnímu vysunutí planžety 2c k dorazu, následně 2b a jako poslední se vysouvá planžeta 2a. Tímto postupem se předchází strhávání již složeného filtru zpět mezi planžety a do procesu skládání je nabírán jen nesložený filtrační materiál z cívky. Po rozevření planžet je filtrační materiál odtahován pro zahájení dalšího cyklu.



Obr. 14 – Shéma skládání noži s lineárním pohybem

1) filtrační materiál, 2) plisovací nože (planžety), 3) doraz

Při použití tohoto principu skládání je vhodné sklady ihned fixovat při maximálním vysunutí planžet. Zabráni se tak následnému rozvolnění skladů při odtahu a rozevírání planžet.

Výhody: jednoduchá konstrukce. Lze implementovat fixaci skladů, což má za důsledek malé rozměry stroje. Jednoduché nastavení provozních podmínek, teplota, zdvih, doba přitlaku, velikost tlaku.

Nevýhody: pomalejší proces skládání.

2.3 Fixace skladů

Naskládaný filtrační materiál v konstantní rozteči je zapotřebí fixovat pro zachování soudržnosti skladů při dalším zpracování (řezání, odtah, navíjení, zakládání do forem apod.). Bez fixace skladů by docházelo k rozvolňování skladů a nepravidelnosti filtračního materiálu. To by následně vedlo k produkci filtrů s různou funkční plochou filtru, která má značný vliv na účinnost a kvalitu filtru.

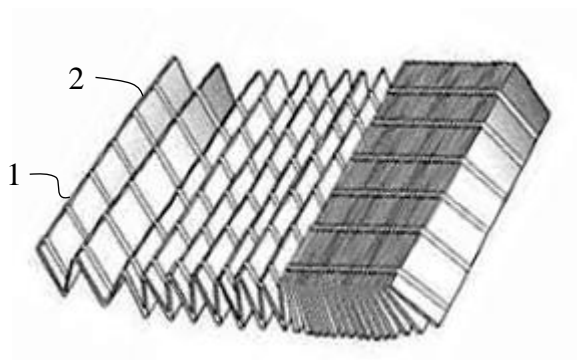
Způsob fixace dále ovlivňuje možnosti využití a zpracování filtračního polotovaru. Některé principy fixace umožňují filtrační polotovar ohýbat a tvořit kruhové (patronové) filtry, jiné jsou zase vhodné pro tvorbu rovinných filtrů. Při návrhu zařízení pro výrobu filtračních polotovarů je tedy nutné znát využití filtru a pro fixování skladů vybrat vhodnou metodu fixování.

Nejpoužívanějším médiem pro fixaci je s výhodou lepidlo pro jeho jednoduchou a rychlou aplikaci, popřípadě lepený lineární útvar. Metody fixace skladů jsou podrobněji popsány v následujících podkapitolách.

2.3.1 Přímá fixace skladů

Vzduchové filtry fixované po celé délce čela tvoří velkou skupinu filtrů, která nachází uplatnění v různých odvětvích průmyslu zvané jako HEPA filtry. Velké uplatnění si takto zpracované filtry našly jako prachové filtry vzduchu u vysavačů.

Z pravidla před procesem skládání je alespoň z jedné strany po celé délce filtračního materiálu (1) nanášeno v několika liniích lepidlo (2). Materiál s aplikovaným lepidlem je často s výhodou skládán prostřednictvím válců (kapitola 2.2.1, str. 28) nebo nožů s výkyvným pohybem (kapitola 2.2.2, str. 29), jelikož čela skladů se při těchto metodách skládání dotýkají a dochází tak k přímému slepení čel skladů. Po vytvrzení lepidla je zpravidla filtrační polotovar řezán a vkládán do forem, kde je po celém obvodu zalit elastomerem, který po zasítování slouží jako těsnění.



Obr. 15 – HEPA filtr [13]

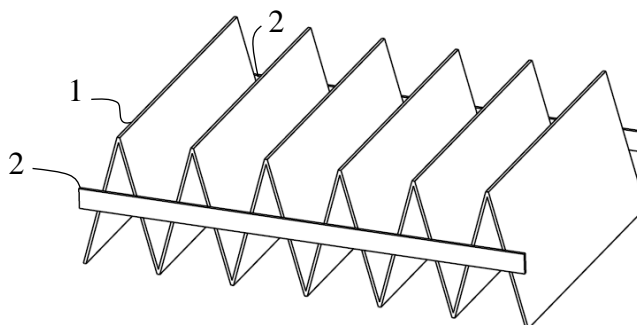
1) složený filtrační materiál, 2) lepidlo

Výhody: velmi pevné spojení skladů filtru.

Nevýhody: použitelné jen pro fixaci skladů s malou roztečí.

2.3.2 Fixace lineárním útvarem z boků skladů

Filtrační materiál (1) je fixován širokým pásem (2) textilního nebo papírového materiálu, jehož šířka je minimálně 1/3 násobku výšky skladu, ale obvykle je tento pásek stejně široký jako výška skladu. Fixační pásek je lepen po celé délce filtračního polotovaru.



Obr. 16 – Fixace skladů z boků

1) filtrační materiál, 2) fixační pásek

Tento princip je využíván pro výrobu polotovarů kabinových filtrů.

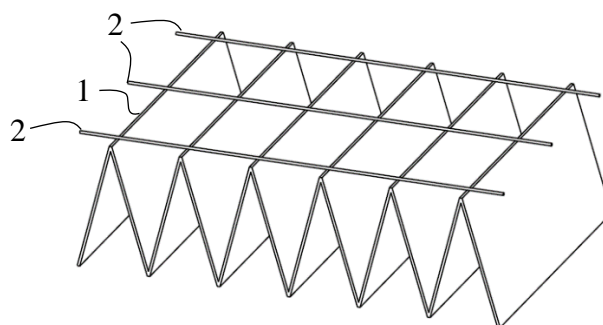
Výhody: oproti přímé fixaci je možné tvořit sklady o různých roztečích.

Nevýhody: je poměrně obtížné tento způsob zařadit do plně automatizovaného stroje pro výrobu polotovarů filtračních vložek

2.3.3 Fixace hřbetů skladů

Sklady jsou fixovány po celé délce filtračního polotovaru ve směru toku materiálu. Touto metodou lze fixovat jak hřbety vrchní, tak hřbety spodní. Při fixování hřbetů jen z jedné strany je možné filtrační polotovaz ohýbat, popřípadě rolovat a lze tak vytvářet kruhové (patronové) filtry.

Fixační materiál (2) je veden po hřbetech skladů filtračního polotovaru (1) dle Obr. 17. Fixační materiál je na hrany filtračního polotovaru ukládán v několika definovaných řadách (nejméně však ve dvou řadách) dle požadavků a potřeby zajistit dostatečně pevnou fixaci. Ke vzájemnému propojení těchto dvou elementů je nejčastěji používáno lepidlo nebo jiný vytvrditelný polymerní materiál, do kterého je fixační materiál nořen. Po vytvrzení pojivové složky se stává filtrační polotovaz odolnější vůči porušení skladů.



Obr. 17 – Fixace skladů ze strany hřbetů

1) filtrační materiál, 2) fixační nit

Jako fixační materiál je často využíváno textilního vlákna, textilního pásku nebo papírového pásku. Jsou ale možnosti fixovat i nelineárním útvarem, a to adhezním pramenem viz patent US 2011/0138760 A1 blíže popsán na straně 39 nebo fixováním plošnou textilií, popřípadě plošným papírovým materiálem viz patent US 8,512.499 B2 blíže popsán na straně 40.

Výhody: vhodné pro tvorbu kruhových filtrů.

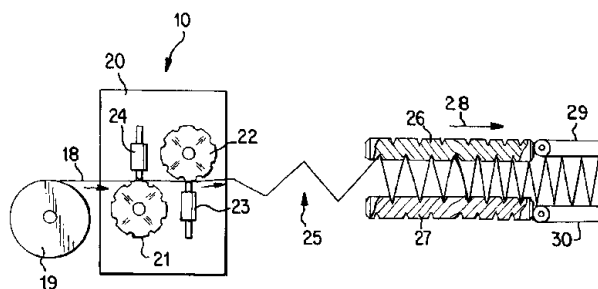
Nevýhody: propojení fixačního vlákna s filtračním materiálem není příliš pevné z důvodu malé styčné plochy.

2.4 Vybrané patenty

Následující podkapitoly obsahují patentové vzory strojů pro výrobu skládaných filtrů, které využívají výše zmiňovaných principů a principů zcela nových.

2.4.1 Patent US 6290635 B1

Netkaný materiál z polymerních vláken (18) je veden mezi sonotrodou (24) a dorazem (21). Během posuvu filtračního materiálu dochází k jeho stlačení mezi rozkmitanou sonotrodou a doraz, přičemž dojde v definovaném místě styku k zahřátí materiálu třením. Pro vytvoření ryl na opačnou stranu se sonotroda (24) nachází pod filtračním materiálem a doraz (21) je umístěn nad filtrační materiál. Tento proces trvá několik milisekund, při kterém dochází k trvalé deformaci materiálu. Tato trvalá deformace tvoří místa záhybů (32). Intenzitu ultrazvuku je potřeba nastavit tak, aby byl materiál ohřát na teplotu skelného přechodu. Příkladem mohou být PES vlákna, u kterých se tato teplota pohybuje v rozmezí mezi 110 až 120 °C. Takto narylovaný materiál je skládán pomocí vřeten (26, 27), jejichž stoupaní se zmenšuje ve směru pohybu (28) až do finální požadované rozteče skladů. Naskládáný materiál je následně veden mezi dopravními pásy (29, 30), kde jsou sklady fixovány. Tyto dopravní pásy zároveň přemísťují polotovar filtru do řezacího a balícího zařízení, které na obrázku není znázorněno. [14]



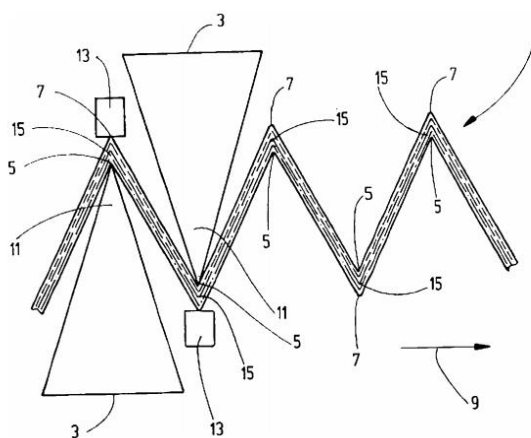
Obr. 18 – Schéma tvorby ryl ultrazvukem [14]

18) filtrační materiál, 19) role filtračního materiálu, 20) rylovací jednotka, 21,22) pevný doraz, 23,24) sonotroda, 25) sklady, 26,27) vřetena, 28) směr toku materiálu, 29,30) dopravní pásy

2.4.2 Patent DE 10 2011 116 947 A1

V tomto případě tvorby ryl, dochází ke skládání filtračního materiálu (1) prostřednictvím sonotrod ve tvaru nožů (3), které se pohybují přímočarým vratným pohybem se zdvihem limitující doraz (13) a vytváří tak částečný nebo celý sklad. V tomto okamžiku se s výhodou využívá ultrazvukové energie k vytvoření svařovaného spojení na hranách skladů (15). [15]

V jednom kroku procesu výroby filtračního polotovaru skládaného filtru tak dochází jak k tvorbě trvalé deformace na hranách filtru (ryly), tak k vytvoření požadované skladu o požadované výšce. Popřípadě lze do tohoto procesu implementovat i fixaci.



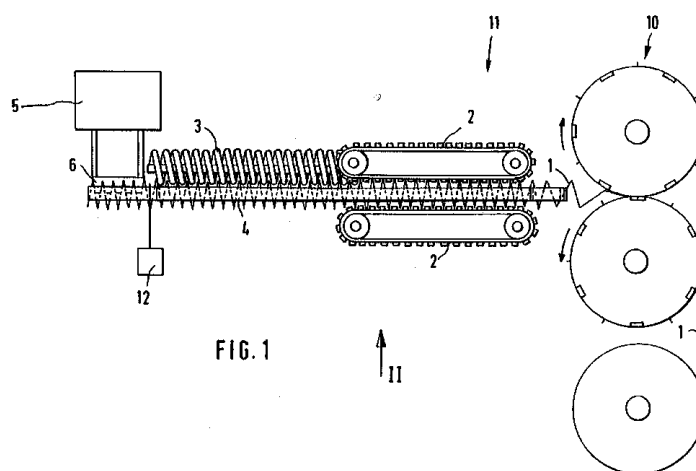
Obr. 19 – Schéma tvorby ryl a skladu patentu DE 10 2011 116 947 A1 [15]

*1) filtrační materiál, 3) sonotroda, 5) vnitřní část skladu, 7) vnější část skladu,
9) směr toku materiálu, 11) hrot sonotrody, 13) doraz, 15) svařený spoj*

2.4.3 Patent US 5 389 175

Filtrační materiál (1) je podáván mezi rylovací válce (10). Povrchy na sebe doléhajících válců (10) jsou tvořeny opakujícími se znaky drážka–hřbet v požadované rozteči, která určuje budoucí výšku skladu filtračního polotovaru. Zapadáním hřbetu 1. válce do drážky 2. válce lze vytvořit potřebný záhyb na filtračním materiálu (1). [16]

Po vytvoření záhybů je materiál vtahován a skládán mezi ozubené řemeny (2), které dopravují materiál do spirál (3). Spirály udávají materiálu danou rozteč skladů. V tomto místě se materiál fixuje pásky (4) z boků skladů filtru. V poslední řadě je materiál stříhán (12) a odebírán (5,6) pro další zpracování. [16]



Obr. 20 – Schéma výroby filtrů patentem US 5 389 175 [16]

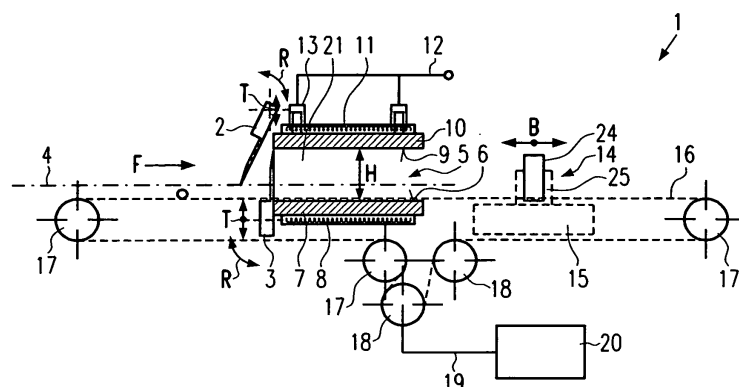
- 1) filtrační materiál, 2) ozubené řemeny, 3) spirály, 4) fixační pásky, 5) odebírací zařízení,
6) chapač, 10) rylovací válce, 11) skládací stanice, 12) řezací zařízení

2.4.4 Patent DE 10 2004 025 501 B4

Tento patent popisuje zařízení pro simulaci protitlaku v procesu skládání filtračního materiálu noži se specifickým kyvným pohybem.

Filtrační materiál je skládán prostřednictvím nožů (2,3), které se pohybují specifickým translačním (T) a kývavým (R) pohybem. V počátku, kdy není skládací prostor (5) za kyvnými noži zaplněn sklady, je zapotřebí vytvořit ideální podmínky pro tvorbu prvních skladů. To zde zajišťuje posuvné zařízení (14). Zařízení je tvořeno zarážkou (24), mezi kterou dochází ke kontaktu filtračního materiálu (4). Zarážka je upevněna k jezdcu (25) na lineárním vedení (15). Pohyb zarážky je zde realizován řemenovým převodem (16) se servopohonem, který zajišťuje regulovaný posuv jezdce s přibývajícími sklady. [17]

Na začátku procesu je zařízení zasunuto do skladového prostoru až k nožům (2,3). V tomto okamžiku dojde k rozběhu nožů a tvorbě prvních skladů. Zarážka s jezdcem postupně ustupuje v závislosti na regulaci protitlaku potřebného pro správnou tvorbu skladů. Zařízení pro simulaci protitlaku je využito až do té doby, kdy je ideální protitlak tvořen třecími silami mezi materiálem a vodícími deskami (6,9) skládacího prostoru (5). [17]



Obr. 21 – Schéma tvorby skladů, patent DE 10 2004 025 501 B4 [17]

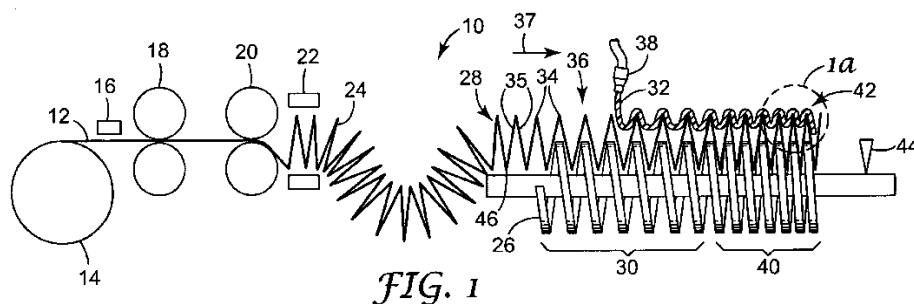
1) skládací zařízení, 2,3) skládací nože, 4) filtrační materiál, 5) prostor pro skládání filtru, 6,9) spodní a horní část skládacího prostoru, 7,10) spodní a horní deska, 8,11) topné těleso, 12) el. zdroj topných těles, 13) pneumatické válce, 14) posuvné zařízení, 15) lineární vedení, 16) ozubený řemen, 17) řemenice, 18) servopohon, 19,20) řídicí jednotka, 24) zarážka, 25) jezdec,

F) směr toku materiálu, T) přímočarý vratný pohyb nože, R) kyvný pohyb nože, B) přímočarý vratný pohyb zarážky

2.4.5 Patent US 2011/0138760 A1

Patent US 2011/0138760 A1 představuje princip fixace skladů pomocí nelineárního adhezního pramene, kterým může být například polymerní tavenina. Po vytvrzení pramene je filtrační materiál fixován. [18]

Filtrační materiál (12) je odvíjen z návinu (14) do plisovací jednotky (18). Z té je materiál převíjen do jednotky skladní (20). Naskládanému materiálu je definována rozteč skladů prostřednictvím dvouzónové spirály (26). Adhezní pramen je v této oblasti nanášen na hřbety skladů (34) prostřednictvím aplikační trysky (38). Adhezní pramen se aplikuje v první zóně spirály (30) a k úplnému vytvrzení dochází až v druhé zóně spirály (40). Tyto dvě zóny se liší rozdílným stoupáním šroubovice. Ale mohou být použity i jiné varianty šroubovic v závislosti na požadavku šíře rozteče a požadované pevnosti fixace skladů. [18]



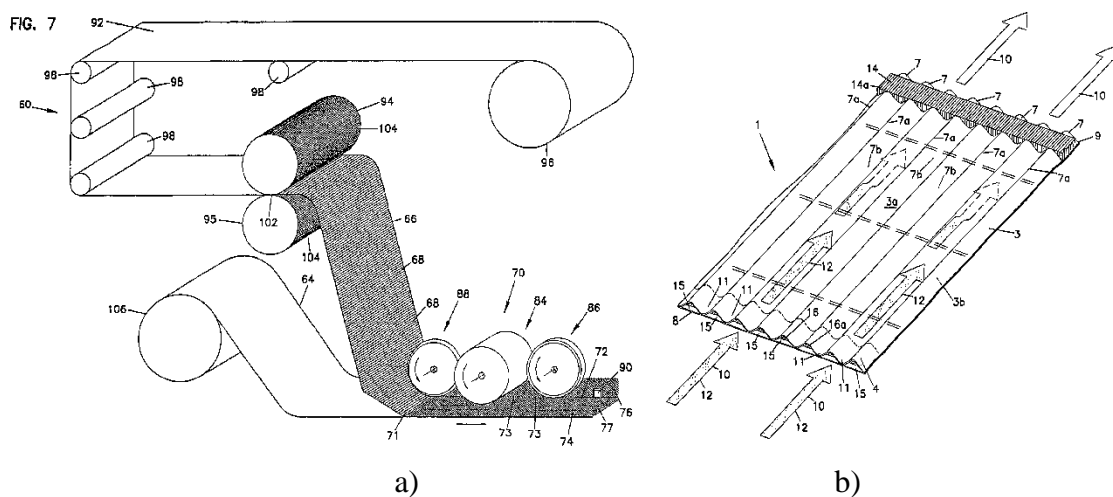
Obr. 22 – Schéma fixace skladů adhezním pramenem, patent US 2011/0138760 A1 [18]

12) filtrační materiál, 14) cívka filtračního materiálu, 16) předehřívací stanice, 18) plisovací jednotka, 20) skládací jednotka, 22) zahřívací stanice, 24) sklady, 26) zařízení pro tvorbu rozteče skladů, 28) naskládaný filtrační materiál, 30) první zóna spirály, 32) adhezní pramen, 34) hřbety skladů, 35) čela skladů, 37) směr toku materiálu, 38) nanášecí tryska, 40) druhá zóna spirály, 42) fixovaný samonosný filtrační polotovar, 44) řezací jednotka, 46) skladové žlaby

2.4.6 Patent US 8,512.499 B2

I přesto, že se jedná o patent, který popisuje výrobu dutinových filtrů, jejichž způsob filtrace se od principu filtrace filtrů skládaných liší, princip výroby je z velké části podobný. Jak lze vidět na Obr. 23b, tekutina neproudí kolmo na sklady filtru, jakož to je u filtrů skládaných, ale proudí rovnoběžně se sklady filtračního materiálu (ve směru šipek 10,12).

Jakožto i u ostatních strojů, tak i zde stroj sestává z návínu filtračního materiálu, který je odvíjen a veden do jednotky skládání filtru. Ty jsou zde skládány specifickým válcem. Pod naskládaným materiálem je veden pás plochého filtračního materiálu, který je společně se zvlněným materiálem spojen po celé jeho délce. [19]



Obr. 23 – Zařízení pro výrobu dutinových filtrů patent US 8,512.499 B2 [19]

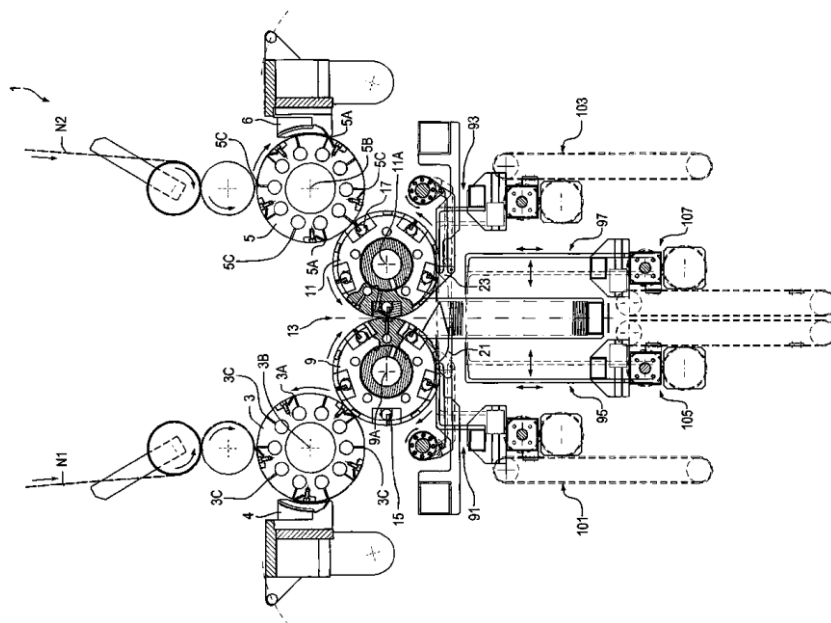
a) rozmístění ústrojí zařízení pro výrobu filtrů, b) filtrační polotovár

Tento způsob fixace skladů by teoreticky bylo možné aplikovat i při návrhu jednoúčelového stroje pro tvorbu filtračních vložek filtrů skládaných.

2.4.7 Patent US 2021/0047142 A1

V době, kdy byla diplomová práce psána se jednalo o jeden z nejnovějších patentů pro tvorbu skládaných filtračních polotovarů. I přesto, že patent nebyl ještě schválen ani v jedné ze šesti zemí, ve které byl podán, byl do této práce zahrnut jakožto inovativní řešení procesu skládání filtračního materiálu.

Stroj na skládání filtračního materiálu zahrnuje první válec pro skládání, který se otáčí kolem první osy otáčení, a druhý váleček pro skládání, který se otáčí kolem druhé osy otáčení rovnoběžně s první osou otáčení; přičemž první vzájemně skládající se válec a druhý vzájemně skládající se válec tvoří mezi nimi mezeru. Skládací zařízení dále obsahuje první sadu oddělovacích prstů spojených s prvním rozkládacím válcem a uspořádaných pro vratné otáčení kolem první osy otáčení rovnoběžné s první osou otáčení. Vratný otočný pohyb první sady oddělovacích prstů je řízen prvním ovládacím mechanismem zahrnujícím první desmodromickou vačku. Skládací zařízení dále zahrnuje druhou sadu oddělovacích prstů spojených s druhým rozkládacím válečkem a uspořádaných pro vratné otáčení kolem druhé osy otáčení rovnoběžné s druhou osou otáčení. Vratný otočný pohyb druhé sady oddělovacích prstů je řízen druhým ovládacím mechanismem zahrnujícím druhou desmodromickou vačku. [20]



Obr. 24 – Schéma skládacího zařízení patentu US 2021/0047142 A1 [20]

3 Zkušební přípravek pro tvorbu záhybů

Cílem praktické části je konstrukce funkčního modelu jednoúčelového zařízení pro výrobu filtračních vložek vyráběných z netkaných textilií s obsahem nanovláken. Na základě teoretické části diplomové práce budou navrženy varianty uspořádání stroje pro tvorbu fixovaných skládaných filtrů. Jelikož se jedná o zpracování netkaných textilií z polymerních vláken, z rešerše vyplívá, že je při tvorbě ryl nutné působit na materiál nejen tlakem, ale také teplem. Z tohoto důvodu je nutné najít takový tvar nástroje, při kterém budou spolehlivě tvořeny přesné ryly, které jsou pro proces skládání nezbytné. Jelikož oba návrhy využívají podobných rylovacích nástrojů, byl v rámci praktické části diplomové práce vytvořen zkušební přípravek určený pro nalezení optimálního tvaru nástroje pro tvorbu ryl. Postup průběhu experimentálního ověření nástrojů je popsán v této kapitole. Nejvíce vhodné tvary nástrojů byly následně aplikovány v konstrukčním návrhu funkčního modelu jednoúčelového zařízení pro výrobu polotovaru skládaných filtračních vložek.

Nástroje zkušebního přípravku se skládají ze zaměnitelných nožů, které se liší tvarem hran a ze zaměnitelných dorazů, které jsou od sebe různé profilem drážky, do které nože zapadají. Cílem tedy bylo najít takový tvar planžety a tvar drážky, v jejichž kombinaci bude tvořena trvalá, spolehlivá a kvalitní ryla.

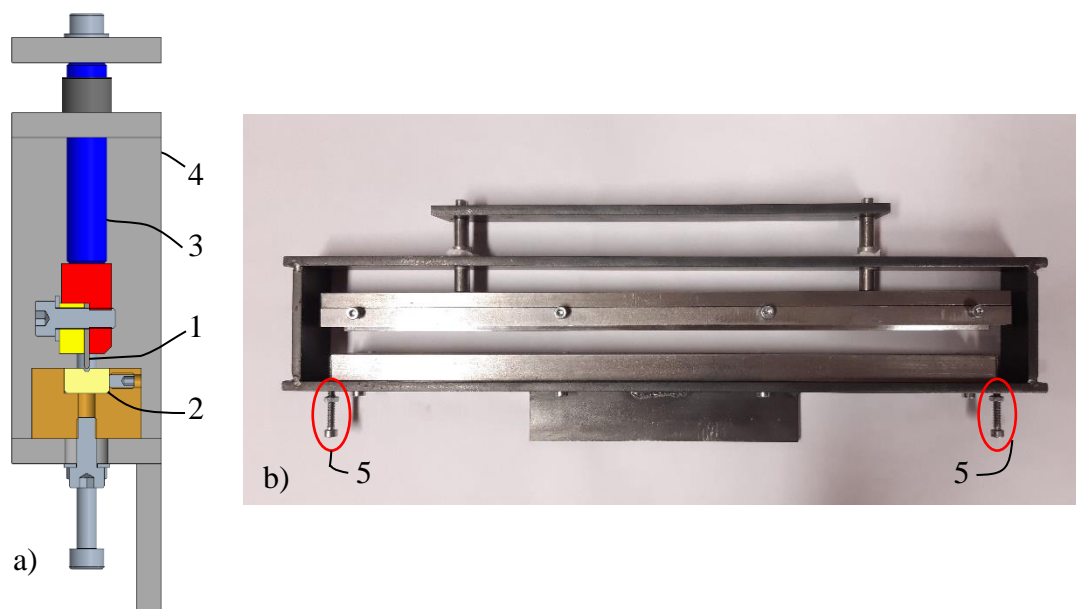
Kvalitu ryl však lze ovlivnit nejen tvarem tvořících nástrojů, ale i teplotou nástroje, dobou přitlaku a velikostí působícího tlaku mezi planžetou a drážkou. Pro optimální tvorbu ryl je zásadní zvolit vhodné tvary planžet a drážek, tak i vhodně zvolit teplotu a dobu přitlaku v závislosti na typu filtračního materiálu.

3.1 Konstrukční zpracování přípravku

Požadavkem na konstrukční zpracování přípravku byly malé rozměry, nízká pořizovací cena přípravku a možnost záměny nástrojů. Ohřívání nástrojů musí být realizováno prostřednictvím elektrické pece s termostatem.

Přípravek se skládá ze zaměnitelných planžet (1), které jsou svírány do relativně masivních čelistí. Tyto čelisti se poté společně s planžetou pohybují přímočaře prostřednictvím manuálního zdvihání. Přímocarár pohyb zajišťují vodící tyče (3), které se pohybují v kluzných pouzdrech uložených v rámu (4). Dorazová součást s drážkou (2) je uložena také v relativně masivním tělese. Upínací prvky jsou konstruovány masivně, z důvodů co

nejdelšího udržení požadované teploty nástrojů po vyndání přípravku z elektrické pece, ve které je přípravek ohříván. Jelikož bylo při konstrukci uvažováno i s možností experimentů bez působení tlaku při tvorbě záhybů, byly do konstrukce navrženy 2 dorazové šrouby (5), kterými lze nastavit požadovanou vůli mezi planžetou a dorazem. Celou sestavu lze po vyndání z pece upnout do svěráku za plochou tyč ve spodní části přípravku.



Obr. 25 – Zkušební přípravek pro tvorbu záhybů

a) řez přípravkem, b) fotografie funkčního modelu přípravku

1) planžeta, 2) doraz s drážkou, 3) vodící tyč, 4) rám, 5) nastavitelné dorazy

Kluzná pouzdra, která jsou v konstrukčním návrhu použita, se standardně lisují do otvorů s přesností H7. Z důvodu nenáročné výroby přípravku bylo uvažováno se zalepením kluzných pouzder do rámu, a tedy nebyla vyžadována velká přesnost průměru otvoru, pozice děr a kolmosti děr vůči základně. Jelikož byla pouzdra do rámu vlepena s použitím silikonového lepidla, které je poměrně měkké a pružné, bylo možné se sestavou planžety naklápět. Tento způsob uložení pouzder vedl k obtížnějšímu polohování sestavy planžety vůči drážce.

3.1.1 Tvary nástrojů

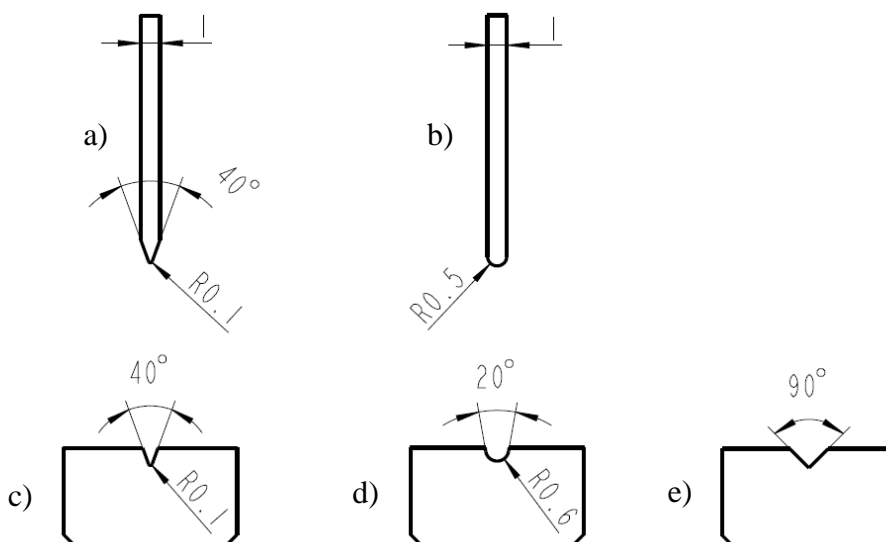
Pro experimentální ověření vhodného tvaru nástrojů byly vyhotoveny 2 kusy planžet s tloušťkou 1 mm. Hrana první planžety je tvořena rádiusem o velikost $R_u = 0,5$ mm. Dále v textu pod označením planžeta U (Obr. 26b).

Hrana druhé planžety je zbroušena do vrcholového úhlu 40° s tupou hranou, aby nedocházelo k proříznutí materiálu. Dále pod označením planžeta V (Obr. 26a).

K planžetám byly navrženy 3 kusy drážek s různým profilem. První drážka je nejvíce vhodná pro planžetu U, z důvodu podobného tvaru profilu. Její profil je tvořen rádiusem $R = 0,6 \text{ mm}$ a hloubkou drážky $0,7 \text{ mm}$. Dále v textu pod označením drážka U (Obr. 26d).

Druhá drážka je nejvíce vhodná pro planžetu V, jelikož se její profily shodují. A tedy její profil je také s vrcholovým úhlem 40° a šířkou drážky $0,8 \text{ mm}$. Dále v textu pod označením drážky V (Obr. 26c).

Poslední navržená drážka má profil tvaru V s vrcholovým úhlem 90° , šířkou 2 mm a výškou 1 mm , a proto je dále označována jako drážka V90 (Obr. 26e). U tohoto typu drážky lze předpokládat s oběma kombinacemi planžet. U obou kombinací teoreticky dochází jen k přímkovému styku planžety s plochami drážky.



Obr. 26 – Tvary nástrojů

a) planžeta V, b) planžeta U, c) drážka V, d) drážka U, e) drážka V90

Výkresy planžet a drážek jsou k dispozici v příloze H.

3.2 Realizace experimentů

Všechny experimenty byly prováděny na výše zmiňovaném přípravku. Předehřev přípravku vždy probíhal ve stejné elektrické peci s termostatem. Před začátkem experimentů byla vždy pec vyhřátá na požadovanou teplotu a přípravek byl dostatečnou dobu temperován v rozehřáté peci.

Pro ověřování experimentů byl používán materiál Anti Virus SMNF 57 od bývalé společnosti Nanovia, která byla odkoupena společností NANOTEX GROUP s.r.o. a nyní je materiál pod označením FMPV1900L. Anti Virus SMNF 57 je čtyřvrstvý materiál s obsahem nanovláken. První, vnější vrstva je tvořena netkanou textilií z PP vláken technologií spunbond, na kterou je nanesena druhá vrstva PP vláken prostřednictvím technologie meltblown. Tyto dvě vrstvy slouží jako kolektor pro nanovláknennou vrstvu materiálu PVDF (polyvinylidenefluorid). Nanovláknenná vrstva je kryta poslední, čtvrtou vrstvou netkané textilie z PP vláken vyrobené technologií spunbond. Technický list tohoto materiálu si lze prohlédnout v příloze G.

Experimenty byly realizovány ve 2 fázích. V první fázi experimentů byl vytvořen první set vzorků obsahující 4 kombinace planžet s drážkou U/U, U/V90, V/V a V/V90, které byly určeny primárně pro vyhodnocení kvality ryly na laserovém mikroskopu. Všechny vzorky z této fáze byly zároveň i nafoceny, a vizuálně vyhodnoceny na základě pořízených fotografií.

Podmínky pro realizaci experimentů z první fáze jsou:

Č. setu vzorků	Čas stisku [s]	Rozsah teplot [°C]	Inkrement [°C]	Šíře vzorku [mm]	Zatížení [N]
1	~2 ¹	70–130	10	125	9

Tabulka 1 – Podmínky 1. fáze experimentů

Všechny vzorky tohoto setu byly tvořeny se stejným zatížením o velikosti 9 N. Toto zatížení bylo vyvozeno gravitační silou hmoty sestavy planžety. Tímto způsobem bylo vytvořeno 7 vzorků pro každou kombinaci planžety s drážkou. Dohromady v první fázi bylo zhotoveno 28 vzorků.

V druhé fázi experimentů byly vytvořeny 2 sety vzorků. Pro oba sety vzorků byly už jen použity kombinace drážky a planžety U/U a V/V, jelikož kombinace rozdílných profilů drážky a planžety (U/V90 a V/V90) byly z vizuálního hlediska vyhodnoceny jako méně vhodné.

Druhý set vzorků byl vytvořen pro ověření, zda je možné vytvořit trvalou rylu v celé šíři 300 mm. Zároveň zde byl ověřován vliv tlaku na tvorbu ryly. Proto byly vytvořeny vzorky se třemi kombinacemi zatížení a to: bez zatížení, se zatížením 9 N (hmotnost pohybující se sestavy planžety) a s přidavným zatížením o velikosti 7,41 N (celkové zatížení 16,41 N).

Třetí set vzorků měl za účel vizualizovat tvar filtru při jeho stavění do tvaru A viz příloha C. V případě ostřejšího tvaru A, lze soudit že materiál bude mít lepší předpoklad k vytvoření přesnějšího tvaru skladu a hřbet skladu se bude nacházet právě v místě ryly.

Č. setu vzorků	Čas stisku [s]	Rozsah teplot [°C]	Inkrement [°C]	Šíře vzorku [mm]	Zatížení [N]
2	~ 2 ¹	100-110	10	300	0; 9; 16,41
3	~2 ¹	90-120	10	125	9

Tabulka 2 – Podmínky 2. fáze experimentů

3.3 Vyhodnocení vzorků

Vzorky byly zaznamenány a vyhodnocovány prostřednictvím fotografií z digitálního fotoaparátu Panasonic model DMC-TZ30 a skenů z laserového mikroskopu od společnosti Keyence model VK-X1000 s objektivem se zvětšením 5x.

K vyhodnocení vzorků by bylo také možné využít technologie rentgenové mikrotomografie (microCT). Z důvodu časové náročnosti vzorků nebyl tento typ vyhodnocení využit.

3.3.1 Vyhodnocení setu č. 1

Po provedení experimentu 1. setu vzorků byly všechny pořízené vzorky vyfotografovány. Vzorky byly fotografovány za stejných podmínek úhlu natočení kamery a vzdálenosti od vzorku.

Následně tyto vzorky byly skenovány laserovým mikroskopem, ale pouze ze strany žebra, jakožto vhodnější strana pro vyhodnocení vzorků.

3.3.1.1 Vizualní vyhodnocení vzorků

Z vizuálního hlediska lze utvořit určité závěry v ohledu na kvalitu ryly s rozdílnými teplotami, ale nelze jednoznačně určit který z testovaných nástrojů je pro tvorbu ryl nejvhodnější. Na fotografiích lze zaznamenat rozdílné ostroty ryl, tvary ryl v závislosti na tvaru nástroje a teplotní ovlivnění materiálu v okolí ryly.

Snímky pro vizuální zhodnocení vzorků byly vyhotoveny 10 dní po provedení experimentu. Z důvodů velkého množství snímků a zachování jejich kvality jsou snímky vzorků dostupné

¹ Zdvih planžety je realizován manuálně, tudíž doba stisku se pohybovala okolo 2 s

jen v elektronické verzi na volně vloženém disku. Vybrané fotografie byly použity pro názornou ukázkou, podle kterých byly fotografie vyhodnoceny.

Obr. 27 znázorňuje ryly vytvořené při 130 °C a 70 °C s nástroji U/U a lze na nich popsat 2 základní prvky, podle kterých byly vzorky posuzovány.

Prvním kritériem byla výraznost ryly obecně. Všechny vzorky měly známky tvorby ryl, ale s vzrůstající teplotou je ryla vizuálně výraznější a více kopíruje tvar nástroje, který rylu vytvořil. U vzorku 130 °C Obr. 27 jsou zřetelně vytlačeny hrany nástroje (drážky), které v případě vzoru 70 °C v některých místech zanikají. Dále si lze povšimnout výraznějšího profilu, který kopíruje profil drážky. U 130 °C je profil velmi výrazný, kdežto u 70 °C je profil plochý. K tvorbě výrazných hran a výrazného profilu dochází od 100-110 °C.

Druhým kritériem je teplotní ovlivnění okolí ryly, které se projevovalo tvorbou tzv. varhánků. Na Obr. 27 u vzorku 130 °C je takovéto teplotní ovlivnění zřejmé nejvíce. Jedná se o zvlněný materiál s hřbety vln směřujících kolmo na rylu. Takovéto ovlivnění se začalo projevovat od 110 °C. S vzrůstající teplotou se zvětšovala ovlivněná plocha v okolí ryly a při 130 °C zasahovalo až do vzdálenosti 10 mm od ryly.



Obr. 27 – Vzorek U/U 130 °C a vzorek U/U 70 °C

Z hlediska subjektivního zhodnocení vzorků ihned po provedení experimentu byl profil drážky výraznější nežli lze pozorovat na fotografiích. K výraznému zániku ryly (relaxaci materiálu) dochází v průběhu určitého časového horizontu především u vzorků s nižší

teplotou nástroje viz. Obr. 27 vzorek 70 °C. Teoreticky lze předpokládat určitou míru relaxace u všech vytvořených vzorků. Avšak takovéto domněnky nebyly potvrzeny žádným sofistikovaným způsobem měření a takovéto závěry lze prozatím jen konstatovat.

Vliv zanikání ryly v závislosti na čase, atmosférických podmínkách a externího tlaku lze ověřit například několikanásobným vyhodnocováním stejného vzoru v určitých časových intervalech od vzniku ryly.

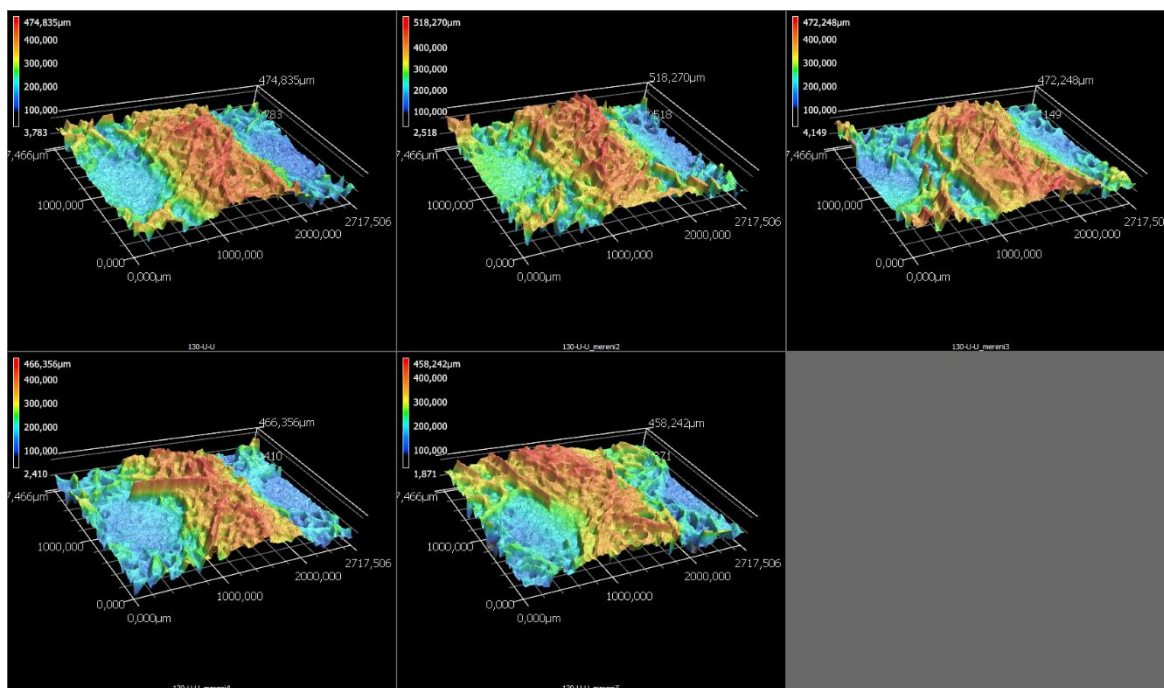
Všechny vzorky bez ohledu na tvar nástroje vykazovaly podobné chování v závislosti na teplotě. Na základě pořízených fotografií lze zhodnotit, že k tvorbě trvalé a výrazné ryly dochází pro tento typ materiálu až od 100 °C. Teploty pod touto hranicí jsou nevhodné. Z vizuálního hlediska byla horní teplotní hranice prozatím stanovena na 120 °C.

3.3.1.2 Vyhodnocení vzorků z laserového mikroskopu

Vizuální vyhodnocení vzorků a následně naskenování celé teplotní škály vzorků kombinace U/U ukázaly, že teplota pod 100 °C má na tvorbu ryl velmi malý vliv. Z tohoto důvodu byly u ostatních kombinací skenovány už jen vzorky s teplotou 80 °C a poté vzorky s teplotami v rozmezí 100-130 °C.

Vzorky byly skenovány elektronovým mikroskopem po 4 týdnech od jejich vytvoření. To teoreticky může mít za následek naskenování ryl o nižší hloubce, nežli by materiál vykazoval bezprostředně po vytvoření ryly, a to z důvodu relaxace materiálu. Více o této problematice v kapitole 3.3.1.1 a v kapitole o zhodnocení výsledku měření.

Vzorky byly skenovány stejným objektivem se stejným nastavením mikroskopu. Skenovaná oblast vzorků je 2717,506 x 2037,466 µm. Jedná se o největší možnou oblast, kterou lze s využívaným laserovým skenerem zaznamenat během 1 skenu.

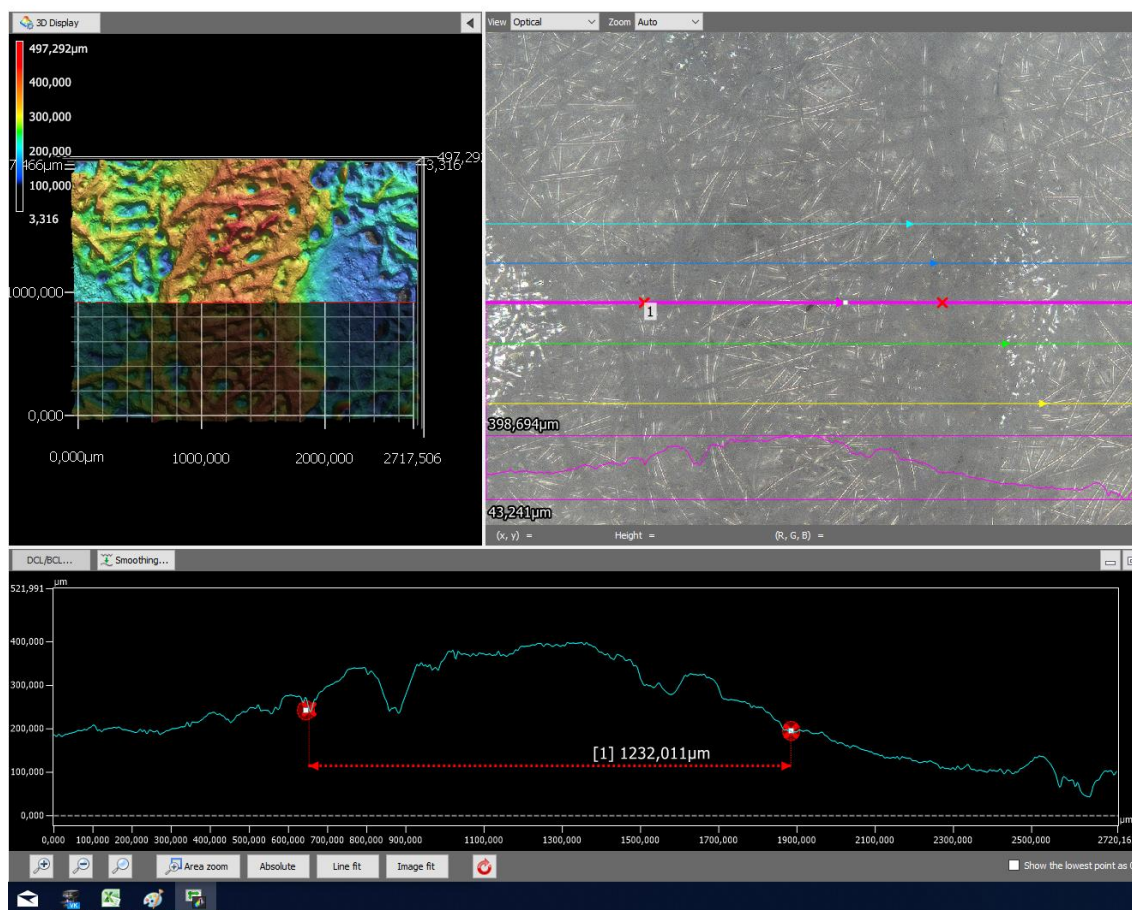


Obr. 28 – Barevná mapa výšky vzorku U/U 130 °C

Vzorky byly skenovány ze strany, na které bylo vytvořeno žebro. Vzorek byl skenován v krajních pozicích vzorku, uprostřed, v 1/4 šíře vzorku a v 3/4 šíře vzorku. Celkem tedy pro každý vzorek bylo vytvořeno 5 skenů z různých oblastí viz Obr. 28. Následně skrze každý sken bylo proloženo 5 řezů viz Obr. 29. Pro každý vzorek tak bylo vytvořeno 25 řezů. V každém řezu byla následně odečtena nejvyšší a nejnižší hodnota výšky řezu. Rozdíl těchto hodnot udává výšku ryly.

Obr. 28 znázorňuje barevnou mapu výšky skenů v 5 oblastech vzorku. Na skenech v tomto náhledu je zřetelně vidět v jakém místě je ryla vedena. Zároveň lze vidět členitost povrchu způsobenou nahodilým uložením vláken netkané textilie a vláken volně vystupujících z materiálu. Tento náhled slouží spíše k vizuální prezentaci skenu.

Obr. 29 znázorňuje rozhraní výškové analýzy skenu v programu od společnosti Keyence. V levém horním rohu je znázorněna barevná mapa výšky skenu. V pravém horním rohu se nachází optické zobrazení skenu, ve kterém jsou graficky znázorněny řezy barevnými čarami. Ve spodní části rozhraní se zobrazuje profil vybraného řezu. V této části lze vložit horizontální kótu a teoreticky určit šíři ryly. Jednoznačně určit v jakém místě se nacházejí hrany ryly bylo velmi obtížné a v mnoha případech u nižších teplot nemožné. A to z důvodu velkého množství navolněných vláken na povrchu materiálu, které znemožňovaly jednoznačně určit její šířku.



Obr. 29 – Řez 3, sken 5, vzorek U/U, 120 °C

Tabulka 3 shrnuje průměrné hodnoty výšky ryl v závislosti na teplotě. Z průměrných hodnot je zřejmé, že s rostoucí hodnotou teploty roste výška ryl. V případě kombinace nástrojů a teploty V/V 80 °C, U/V90 100 °C, U/V90 120 °C, V/V90 100 °C a V/V90 110 °C dochází k relativně výrazné a nepředpokládané změně výšky. U těchto hodnot byla vypočtena relativně velká odchylka, a proto lze předpokládat se dvěma možnými příčinami.

Za prvé, důsledkem může být buď špatně vedený řez, který mohl vést přes příliš vyčnívající vlákno nebo v opačném případě mohl vést přes mezeru v krycí vrstvě filtračního materiálu. Rozdíl maximální a minimální hodnoty výšky řezu je potom o tuto nedokonalost materiálu vyšší. Za druhé, tento jev může být způsoben lidskou chybou při tvorbě vzorků.

V prvním případě se nejspíše jedná o hrubou chybu vzniklou nepozorností při vkládání řezu do skenu. V druhém případě se může jednat o chybu hrubou v důsledku nepozornosti při tvorbě ryl nebo se může jednat o chybu náhodnou vzniklou nahodilým rušivým jevem. V obou případech je vhodné experiment opakovat a znovu vyhodnotit.

Průměrné hodnoty výšky ryl v závislosti na teplotě a tvaru nástrojů [μm]					
	80 °C	100 °C	110 °C	120 °C	130 °C
U/U	169,1 \pm 35,6	248,7 \pm 38,6	271,3 \pm 35,3	286,2 \pm 48,6	345,9 \pm 44,3
V/V	248,9 \pm 43,8	242 \pm 25,5	272,7 \pm 36,9	277,2 \pm 35,3	309,8 \pm 60,1
U/V90	233,6 \pm 34,5	252,1 \pm 37,2	245,3 \pm 30,4	296,9 \pm 42,6	283,4 \pm 33,2
V/V90	243,4 \pm 21,7	254,8 \pm 38,7	309 \pm 54,8	247,1 \pm 36,2	365,2 \pm 36,1

Tabulka 3 – Průměrné hodnoty výšky ryl v závislosti na teplotě a tvaru nástroje

Kompletní naměřené hodnoty pro kombinaci nástrojů U/U a V/V je možné prohlédnout v příloze A. Naměřené hodnoty kombinací nástrojů U/V90 a V/V90 a veškeré soubory z měření je možné dohledat na volně vloženém disku.

Z naměřených hodnot vyplývá, že nejvhodnější teplotou pro tvorbu ryl pro tento materiál je v rozmezí 110-120 °C. Jelikož při teplotě 130 °C dochází k výraznému tepelnému ovlivnění materiálu i v okolí ryl. V tomto případě lze předpokládat s rizikem narušení nanovlákněné vrstvy.

3.3.2 Vyhodnocení setu č. 2

Tento set vzorků sloužil k posouzení, zda je možné vytvořit ryl v celé šíři 300 mm filtračního materiálu a zda je stejně kvalitní v celé jeho šíři jako ryla u vzorků s šíří 125 mm. Zadruhé u těchto vzorků bylo ověřováno, jestli je při tvorbě ryl nutné použít tlakovou sílu či nikoliv. Účelem testů nebyla optimalizace velikosti přitlačné síly, ale jen ověření, zda je v procesu tvorby ryl přitlačná síla potřebná či nikoliv.

Postup měření vzorků laserovým mikroskopem byl naprosto identický jako to bylo u vzorků ze setu č. 1 viz kapitola 3.3.1.2. S rozdílem, že vzorky byly vytvořeny jen pro teploty 100 a 110 °C. Veškeré vzorky byly naskenovány pod laserovým mikroskopem a zároveň byly pořízeny snímky vzorků z lící a rubní strany 7 dní po zhotovení vzorků.

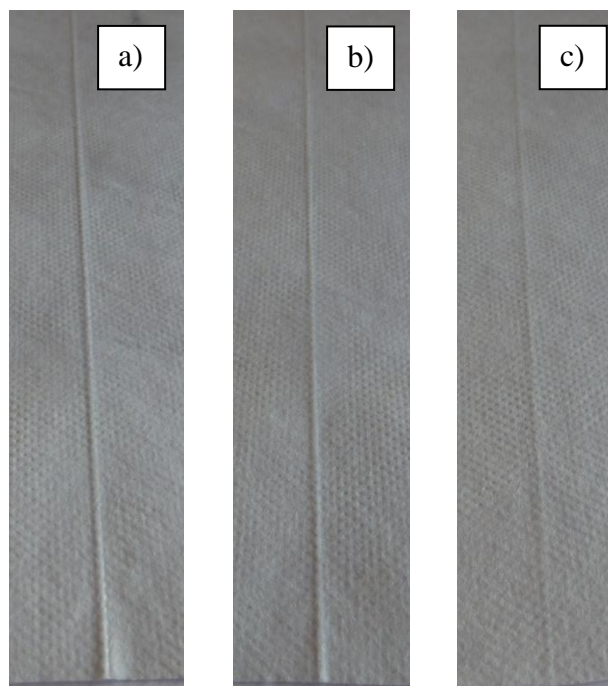
Tabulka 4 zobrazuje naměřenou výšku ryl z laserového mikroskopu. Z tabulky je zřetelné, že při obou teplotách a obou kombinacích nástrojů se výška drážky zvětšuje se vzrůstajícím zatížením. Tabulka také ukazuje, že je výhodnější použít vyšší teplotu než 100 °C, což potvrdilo vyhodnocení experimentu vzorků setu č. 1. Dále je zřejmé, že kombinace nástrojů U/U je z naměřených hodnot vhodnější. Zvláštností je, že při stejném zatížení 9 N byl naměřen vyšší profil drážky, než je to za stejných podmínek u vzorku ze setu č. 1. K tomuto nárůstu mohlo dojít kvůli náhodné chybě a bylo by vhodné experiment opakovat.

Průměrné hodnoty výšky ryly v závislosti na zatížení a tvaru nástrojů [μm]					
	100 °C		110 °C		
	bez zatížení	9 [N]	bez zatížení	9 [N]	16,41 [N]
U/U	185,8 \pm 32,3	241,3 \pm 54,6	225,6 \pm 38,5	309,7 \pm 35,0	386 \pm 52,5
V/V	196 \pm 34,7	232,1 \pm 34,5	247,8 \pm 38,6	247,1 \pm 51,8	268,4 \pm 49,9

Tabulka 4 – Průměrné hodnoty výšky ryly v závislosti na zatížení a tvaru nástrojů

Naměřené hodnoty z jednotlivých řezů skenů vzorků s obou kombinací nástrojů si je možné prohlédnout v příloze B nebo na přiloženém disku, na kterém si lze prohlédnout i veškeré fotografie vzorků z tohoto setu.

Na Obr. 30 jsou fotografie vzorků vytvořených nástroji kombinace U/U při teplotě 110 °C. I z vizuálního hlediska lze pozorovat, že při nejvyšším zatížení je ryla nejvíce výrazná, kdežto při nulovém zatížení ryla skoro zaniká.



Obr. 30 – Vzorky U/U, 110 °C

a) Zatížení 16,41 N, b) Zatížení 9 N, c) bez zátěže

Tento experiment potvrdil předpoklad, že je nutné pro tvorbu ryl využít příslušné přitlačné síly. Dále se prokázalo, že se vzrůstající kontaktní plochou mezi nástroji je nutné zvyšovat přitlačnou sílu tak, aby byl měrný tlak stále stejný.

Kvalita ryly se v celé délce zdá konstantní a materiál v šíři 300 mm lze tímto principem vytvářet.

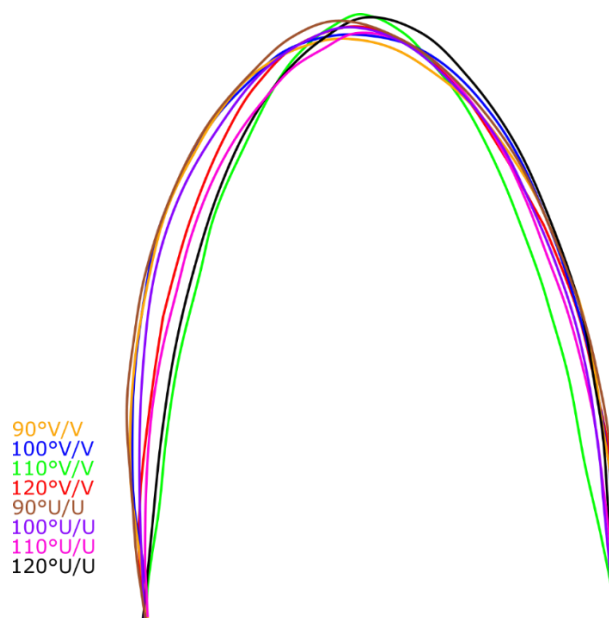
3.3.3 Vyhodnocení setu č. 3

Tento experiment byl vytvořen za předpokladu, že materiál s rylou, který bude mít větší tendenci stavět se do ostrého tvaru A viz příloha C, bude mít zároveň větší předpoklad k optimálnímu skládání v procesu výroby polotovarů filtračních vložek.

Vzorky z tohoto experimentu byly po vytvoření ryly zaříznuty po celé jeho délce ve stejné vzdálenosti od ryly, a to na délku odvěsny 40 mm. Následně byly postupně vkládány do přípravku se zarážkami, které byly od sebe ve vzdálenosti 30 mm. Hrany filtračního materiálu byly opřeny o zarážky a tímto způsobem byl vytvořen specifický oblouk. Takto založené vzorky byly vyfotografovány ze stativu, který byl umístěn pro všechny vzorky ve stejné vzdálenosti a výšce od zkušebního přípravku. Následně byla pro každý vzorek zvýrazněna kontura oblouku v softwaru pro tvorbu vektorové grafiky. Kontury byly skrz sebe proloženy a vyhodnoceny.

Z výsledného Obr. 31 je zřejmé, že vzorky obou kombinací při teplotě 90 a 100 °C mají velmi podobné tvary kontur, a tedy potvrzují výsledky předchozích experimentů, jakožto nejnižší použitelná teplota je mezi 100 a 110 °C.

Kontura 110 °C V/V se vymyká svým tvarem od ostatních. Tato odlišnost může být způsobena odlišným založením vzorku do přípravku.



Obr. 31 – Kontury stavěného filtru

Z dostupných dat tohoto experimentu nelze jednoznačně určit jaký tvar nástroje je pro tvorbu ryl vhodnější. Avšak lze tvrdit, že se vzrůstající teplotou nástrojů pro tvorbu ryl roste schopnost materiálu zlomu v místě ryly a schopnost tvořit stavěný filtr.

3.4 Zhodnocení

Kombinace s rozdílným profilem planžety a drážky (U/V90 a V/V90) jsou z teoretického hlediska nevhodné. Nástroje nejsou v kontaktu v celé jejich ploše. To může mít za následek nerovnoměrné prohřátí materiálu a nerovnoměrnou tvorbu ryl. To by mohlo ovlivnit celý proces výroby polotovarů filtračních vložek.

Z vizuálního hlediska jsou ryly kombinací nástrojů U/V90 a V/V90 méně výrazné a hrany nejsou tak ostré jako u nástrojů se stejným profilem. To může být právě způsobeno menší kontaktní plochou. Výsledky z laserového mikroskopu ukazují podobné hodnoty u všech kombinací, ale u nástrojů U/V90 a V/V90 jsou viditelné velké výkyvy hodnot. Příčinou může být nerovnoměrné prohřátí materiálu. Pro ověření by bylo vhodné experiment opakovat a vyloučit chybu měření. Z těchto důvodů jsou planžety U/V90 a V/V90 považovány za nástroje méně vhodné.

Co se týče nástrojů V/V a U/U, tak jejich schopnost tvořit permanentní kvalitní rylu je na stejné úrovni. Avšak U/U je nejvhodnější ze dvou hlavních důvodů. Zaprvé, hrana disponuje větším rádiusem a nehrozí poškození materiálu. Zadruhé, seřízení je jednodušší a nevyžaduje tak vysokou přesnost. Výsledkem je konstantní ryla v celé šíři materiálu. Drážku je možné dále optimalizovat, a to z hlediska její hloubky.

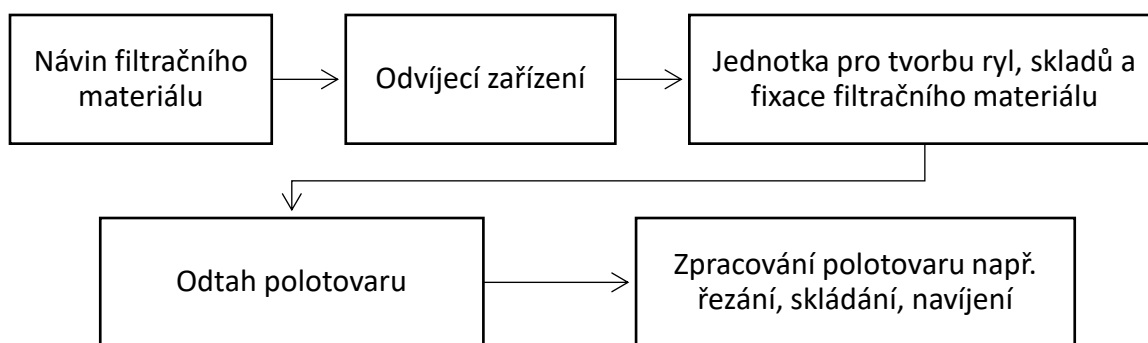
Spodní teplotní hranice byla stanovena na 100 °C. Optimální teplota pro tvorbu ryl tohoto materiálu se pohybuje mezi 110-120 °C, jakožto rozmezí teplot, při kterých je vytvořena permanentní ryla a nedochází k výraznému tepelnému ovlivnění okolí ryl. Stanovení horní hranice by mělo být provedeno na základě poškození materiálu vlivem příliš velké teploty. Takové chování by se projevovalo spékáním vláken nebo tvorbou děr v nanovlákněné vrstvě. Poškození nanovlákněné vrstvy vlivem teploty a tlaku by bylo možné vyhodnotit například na elektronovém mikroskopu.

Pro ideální podmínky tvorby ryl je dále nutné optimalizovat dobu sevření nástrojů a velikost tlaku působícího na materiál. Takovouto optimalizací nelze provádět na tomto přípravku, jelikož výsledky by byly velmi nepřesné, a to z důvodu manuálního zdvihání sestavy planžety. Pro takovou optimalizaci je potřeba sofistikovanějšího zařízení (například zařízení podobné Jednotce pro tvorbu ryl viz kapitola 5.1).

4 Návrh č. 1

Tento návrh byl inspirován funkčním modelem jednoúčelového stroje pro výrobu polotovaru filtračních vložek s obsahem nanovláken Technické univerzity v Liberci. Funkční model tvoří polotovar filtračních vložek o šíři 30 mm a výšce skladů 10 mm.

První návrh jednoúčelového stroje diplomové práce je založený na podobném principu. Tento návrh se skládá z odvíjecího zařízení, které odebírá filtrační materiál z návinu a dopravuje ho do kompaktní jednotky. Tato jednotka zastává všechny funkce výroby polotovarů filtračních vložek, které se skládají z: tvorby ryl, tvorby skladů a jejich fixace. Tyto 3 hlavní úkony jsou realizovány v 1 kroku (zdvihu) nástrojů tvořící filtrační polotovar, čímž tento návrh dělá velmi kompaktním strojem.



Obr. 32 – Blokové schéma uspořádání návrhu č. 1

Parametry tohoto návrhu jsou:

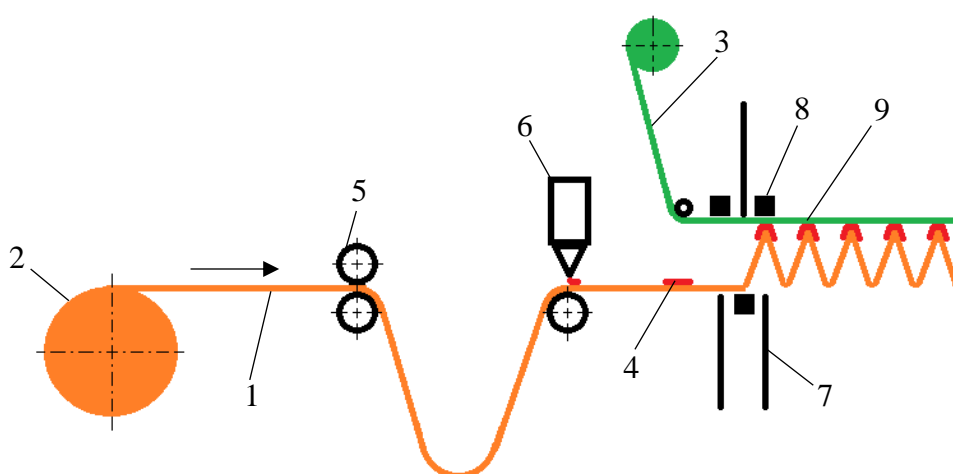
1. Zařízení musí být schopné vyrábět vložky v šíři 40-300 mm
2. Filtrační vložky určené pro patronové filtry
3. Rozteč skladů v rozmezí 4,5-15 mm
4. Výška skladů v rozmezí 10-30 mm

Přední výhodou tohoto návrhu je možnost změny výšky skladů a jejich rozteče bez potřeby záměny nástrojů a jiných součástí jednotky. Další nezanedbatelnou výhodou tohoto návrhu je právě kompaktnost celého zařízení.

Vzhledem k pomalé tvorbě skladů, z důvodu prohřátí filtračního materiálu při tvorbě ryl a času potřebného k vytvrzení lepidla fixace, je rychlost tvorby 1 skladu okolo 2 s. V porovnání s principem rotačního skládání prostřednictvím válečků, u kterého jsou sklady

o stejné výšce tvořeny mnohem rychleji (až 30 skladů/s), by tento princip nemusel být konkurence schopný.

Materiál (1) je na Obr. 33 odvíjen z cívky (2) prostřednictvím odvíjecího zařízení (5). Mezi odvíjecím zařízením a navrhovanou jednotkou jsou umístěny nanášecí hlavice (6), které dávkuje lepidlo (4) s roztečí dvojnásobku výšky skladu. Takto se docílí, že při složení materiálu bude nanesené lepidlo právě na hřbetu skladu (4). Složením materiálu prostřednictvím planžet (7) dochází k zanoření příze (3), vedené skrze jednotku, do lepidla na hřbetech skladů (9) a následným vytvrzením lepidla jsou sklady fixovány. Fixované sklady jsou odtahovány prostřednictvím odtahového zařízení.



Obr. 33 – Schéma uspořádání návrhu č. 1

*1) filtrační materiál, 2) návin materiálu, 3) příze, 4) lepidlo, 5) odvíjecí zařízení,
6) nanášecí hlavice, 7) plisovací nůž, 8) doraz, 9) hřbet skladu*

U tohoto návrhu byla konstrukčně zpracována jen jednotka pro tvorbu ryl, skladů a fixace, která nebyla kompletně dodělána. A to z důvodu vyhodnocení tohoto návrhu jako méně vhodné řešení. Veškerá pozornost a kompletní konstrukční zpracování bylo věnováno návrhu č. 2. Konstrukce jednotky je blíže popsána v následující kapitole.

Výhody oproti návrhu č. 2:

Kompaktnost zařízení, možnost nastavení rozteče skladů

Nevýhody oproti návrhu č. 2:

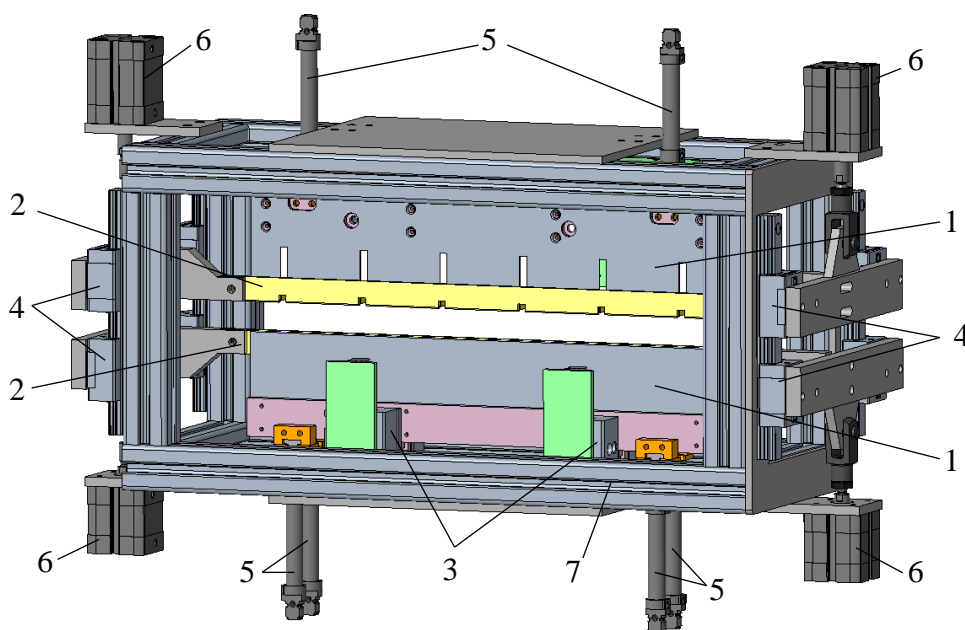
Pomalejší proces výroby, obtížnější čištění nástrojů, problémy s vyhříváním nástrojů, nelze tvořit polotovary s dotýkajícími se sklady

4.1 Konstrukční návrh jednotky pro tvorbu ryl, skladů a fixace

Jednotka funguje na principu skládání prostřednictvím planžet s lineárním pohybem. Posloupnost pohybů mechanismu skládání je blíže popsán v kapitole 2.2.4 na straně 31.

Jednotku tvoří 3 sady planžet (1) s dorazem (drážkou) (2). Dvě planžety působí ze spodní strany materiálu a jedna planžeta ze strany horní. Aby nedocházelo ke znečištění horní planžety a dorazů planžet spodních, jsou opatřeny výřezy v místech, kudy jsou vedeny fixační linie skladů. Zdvih planžet je realizován dvojicí pneumatických pohonů (5). Planžety jsou vedeny prostřednictvím kuličkových pouzder lineárního setu kluzných tyčí (3). Maximální zdvih planžet je 30 mm.

Při vytvoření skladu je materiál napěchován do drážky (2). Po rozevření planžet a následném odtahování fixovaných skladů by tak mohlo dojít k odtržení příze od hřbetů skladů. Z tohoto důvodu jsou drážky (dorazy) uloženy na lineárním vedení (4), které společně s pneumatickým pohonem (6) umožňuje krátkého (~5 mm) vertikálního pohybu směrem od sebe. Takto by bylo možné materiál z drážek uvolnit a bezproblémově odtáhnout fixované sklady z prostoru jednotky.



Obr. 34 – Jednotka pro tvorbu ryl, skladů a fixace návrhu č. 1

- 1) planžeta, 2) drážka, 3) lineární vedení planžety, 4) lineární vedení drážky,
5) pneumatický pohon planžety, 6) pneumatický pohon drážky, 7) rám

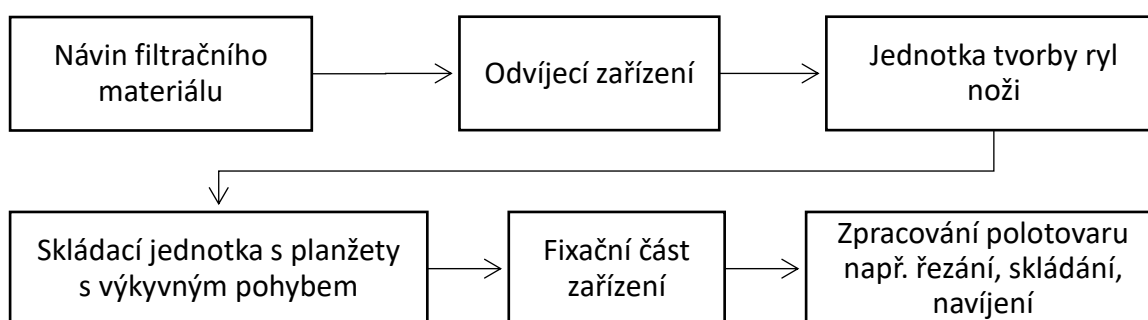
5 Návrh č. 2

Návrh je založen na několika principech popsaných v řešební části. Jedná se o jedny z nerozšířenějších principů při výrobě filtračních vložek. Oproti návrh č. 1 je proces výroby polotovarů filtračních vložek rozdělen na 3 zóny. První zónou je jednotka pro tvorbu ryl, v druhé zóně se nachází jednotka pro tvorbu skladů. Třetí zóna jednoúčelového stroje zahrnuje jednotku pro fixaci skladů, která musí být řazena přímo za jednotku skládání.

Pro tvorbu ryl byl vybrán princip nože vzhledem k možnosti přenastavení rozteče ryl. Oproti dalším možnostem řešení lze jednoduše zajistit vyhřívání nástroje, a to z důvodů jeho malých rozměrů a menších tepelných ztrát do okolí.

Skládání je realizováno prostřednictvím nožů s výkyvným pohybem. Tento princip skládání byl vybrán jakožto vhodnější pro textilní materiál s nanovláknennou strukturou, oproti rychlejšímu principu rotačního skládání. Stejně jako u jednotky pro tvorbu ryl, lze měnit nastavení stroje pro skládání prostřednictvím přednastavených receptur a není tak nutné zaměňovat nástroje či jiné části zařízení.

Fixace skladů probíhá bezprostředně za skládací jednotkou. Fixace je realizovaná prostřednictvím nanášení tavného lepidla na hřbety skladů, do kterého je nořena textilní příze. Tavné lepidlo je nanášeno kompaktními průmyslovými nanášecími hlavicemi.

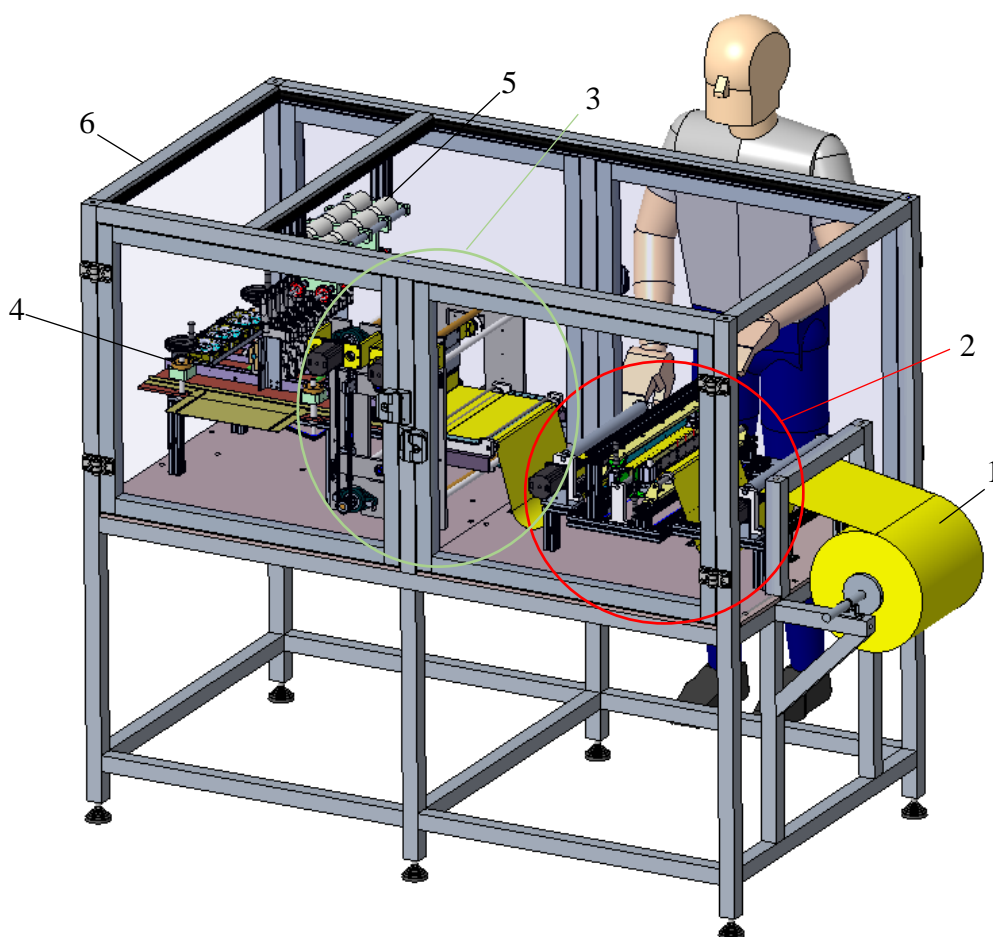


Obr. 35 – Blokové schéma uspořádání návrhu č. 2

Parametry tohoto návrhu:

1. Zařízení musí být schopné vyrábět vložky v šíři 40-300 mm
2. Filtrační vložky určené pro patronové filtry
3. Rozteč skladů odpovídá zhruba tloušťce materiálu
4. Výška skladů v rozmezí 10-40 mm

Z návinu je filtrační materiál odvíjen pomocí soustavy dvou válců s pohonem. Výstupní strana zařízení je ponechána otevřená. Na výstup stroje pro výrobu polotovarů filtračních vložek je v průmyslové výrobě často řazeno zařízení pro dělení filtračního materiálu nebo také navíjecí zařízení. Tento návrh se takovýmto zařízením nezabývá, z důvodů potenciálně různých požadavků na další zpracování filtračního polotovaru.

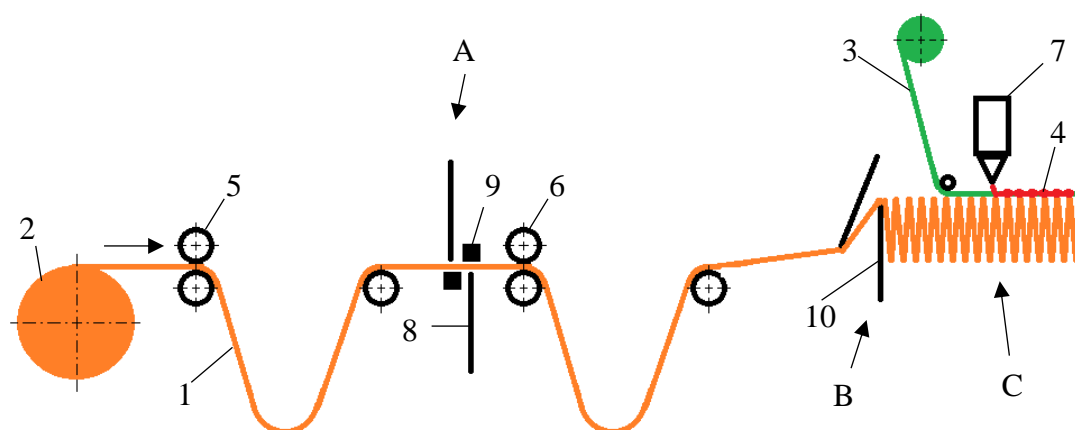


Obr. 36 – Návrh jednoúčelového zařízení pro výrobu polotovarů filtračních vložek

- 1) návin filtračního materiálu, 2) rylovací jednotka s odtahovým zařízením, 3) skládací jednotka, 4) fixační jednotka, 5) set cívek fixačních přízí, 6) rám stoje*

Jednoúčelový stroj byl navrhován jako laboratorní zařízení, proto neobsahuje prvky bezpečnosti, jako jsou dveřní snímače, světelné závory apod.

Filtrační materiál (1) je na Obr. 37 odvíjen z cívky (2). Předpřipravený průvės materiálu je následně převíjen přes rylovací jednotku (A). Narylovaný materiál je následně nabírán planžetami (10) skládací jednotky (B). V tomto místě je tvořen hustě naskládaný nefixovaný polotovar filtru. Sklady jsou posouvány dále do fixační jednotky (C). V této části stroje je nad hřbety skladů přiváděna příze (3), která je na hřbety skladů fixována lepidlem (4). Fixovaný materiál přízí a lepidlem je následně odtahován.



Obr. 37 – Schéma uspořádání návrhu č. 2

1) filtrační materiál, 2) návin materiálu, 3) příze, 4) lepidlo, 5) odvíjecí zařízení, 6) převíjecí zařízení, 7) nanášecí hlavice, 8) nože pro tvorbu ryl, 9) doraz, 10) planžety skládání

A) rylovací jednotka, B) skládací jednotka, C) fixační jednotka

Výhody oproti návrh č. 1:

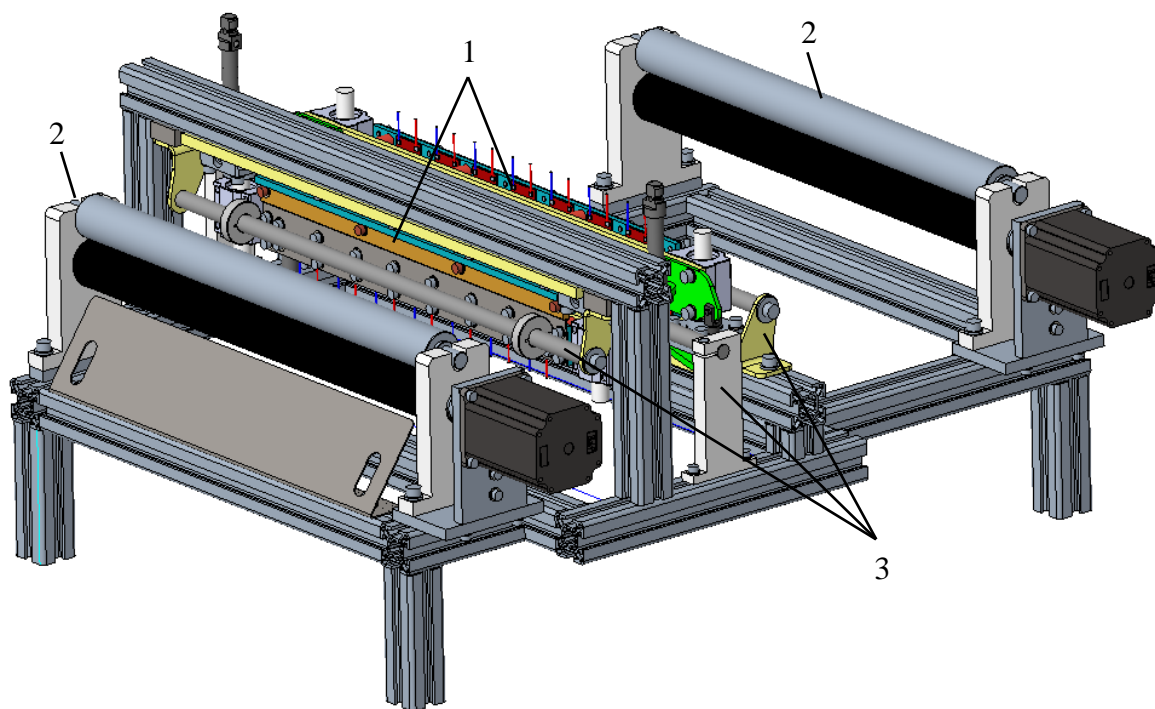
Rychlejší proces tvorby filtrů, modulárnost stroje

Nevýhody oproti návrh č. 1:

Větší rozměry zařízení, dražší řešení, pro tvorbu skladů nutná záměna fixační části stroje

5.1 Jednotka pro tvorbu ryl

Jednota pro tvorbu ryl se skládá ze 2 modulů pro tvorbu ryl (1), 2 odvíjecích zařízení (2) a vodičů plošného filtračního materiálu (3). Tato jednotka je zařazena na začátek stroje za cívku s návinem filtračního materiálu.



Obr. 38 – Jednotka pro tvorbu ryl

1) tvořič ryl, 2) odvíjecí zařízení, 3) vodiče filtračního materiálu

Hlavní uzly jednotky pro tvorbu ryl jsou podrobněji popsány v následujících podkapitolách.

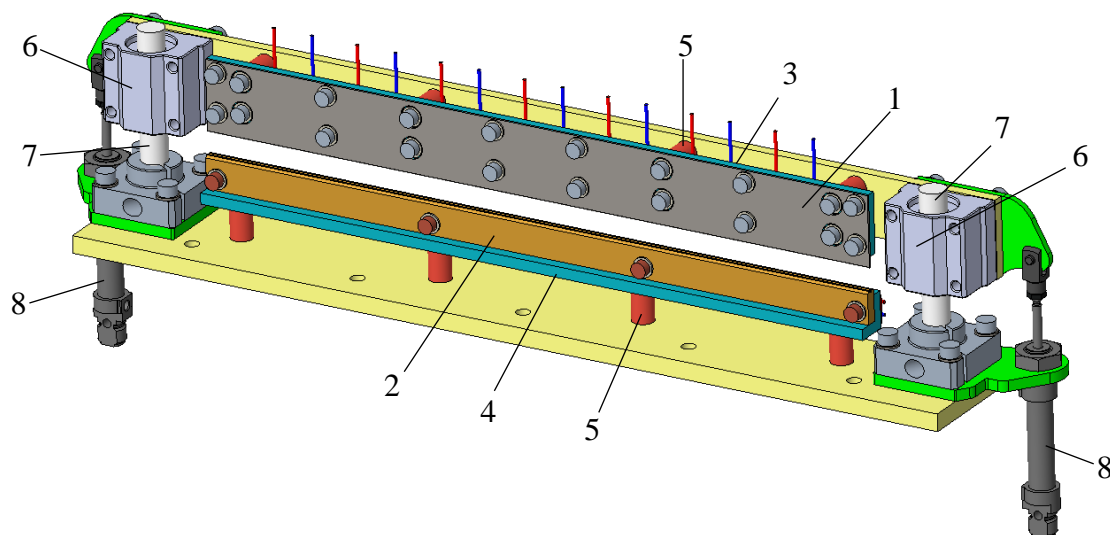
5.1.1 Tvořič ryl

Tzv. tvořič ryl je sestaven z nástrojů, planžety (1) a drážky (2), které byly experimentálně ověřeny viz kapitola 3. Planžeta (1) je umístěna na desce (3) s rezistorovými topnými tělesy. Tato podsestava je následně fixována přes šrouby a distanční PTFE válečky (5) na desku s lineárním setem (6). Tímto způsobem se minimalizuje vedení tepla do ostatních součástí. Pro minimalizaci tepelných ztát konvekci je možné mezi zahřívanou desku (3) a desku s lineárním setem vložit tepelnou izolaci, stejně jako na lineární set samotný.

Drážka (2) je uložena staticky v díle profilu L (4), který je zahříván na požadovanou teplotu skrze rezistorový topný film. Tato podsestava, stejně jako podsestava planžety, je uložena na distančních PTFE válečkách (5) pro snížení vedení tepla do ostatních částí ústrojí. I zde

je také vhodné použít izolačních samolepících plátů pro minimalizaci teplotních ztát do okolí.

Pohyblivá část zařízení je uložena na vodících tyčích s kuličkovými pouzdry společnosti HIWIN řady SC-12-UU pro průměr vodící tyče 12 mm. Pohyb celé této sestavy je realizován prostřednictvím 2 pneumatických pohonů (8).



Obr. 39 – Tvořič ryly

*1) planžeta, 2) drážka, 3) vyhříváná deska, 4) vyhříváný L profil, 5) distanční váleček,
6) lineární set, 7) vodící tyče, 8) pneumatické motory*

Jelikož skládací část zařízení je dimenzována na takt ~ 2 skladu/s, rylovací jednotka by musela být přinejmenším taktována na 2 ryly/s. Experimenty v kapitole 3 nezahrnovaly optimalizaci potřebné doby k vytvoření ryly, ale odhadem se tato doba bude pohybovat v rozmezí 1-2 s.

Jednotka pro tvorbu ryl není v současném stavu uzpůsobena pro takt >2 ryly/s, protože jednotka obsahuje jen 2 sady nástrojů. Rychlost tvorby ryl je tedy ~ 1 ryla/s. Pro zvýšení rychlosti tvorby ryl a využití plného potenciálu jednoúčelového zařízení je vhodné znásobit počet sad nástrojů (1,2). Znásobení počtu nástrojů lze docílit 2 jednoduchými způsoby:

- 1) Znásobit počet tvořičů ryly. Takovéto řešení je poněkud nákladné, jelikož se násobí všechny součásti tvořiče ryly. Při přeseřzení stroje na sklady o jiné výšce, je nutné pouze upravit vzdálenost tvořičů ryly.
- 2) Znásobit počet nástrojů tvořiče. Tvořič ryly by neobsahoval jen jeden pár nástrojů, ale byl by tvořen hřebenem složený z X násobku párů nástrojů. Dosavadní konstrukce by tak byla zachována. Oproti řešení č. 1 je toto levnější a jednodušší,

jelikož rolovací jednotka se bude stále skládat ze dvou tvořičů ryly. Při přeseřzení stroje na sklady o jiné výšce je u tohoto návrhu zapotřebí zaměnit hřebeny s příslušnou roztečí nástrojů.

5.1.1.1 Dimenzování topných těles

Vyhřívání nástrojů je zajištěno topnými rezistory, které jsou na vyhřívané součásti lepeny. Topné rezistory byly vybrány z důvodu jednoduché aplikace, nízkého profilu (~1mm) a snadného pevného zapojení prostřednictvím pájených kontaktů.

Topné rezistory jsou vyráběny v různých standardně dostupných rozměrech. Pro tuto aplikaci byly vybrány 2 druhy rezistorů z důvodu odlišných velikostí ploch na kterou jsou lepeny. Oba rezistory jsou od společnosti Telpod pro napětí 24 V.

Výkon topného rezistoru pro ohřev planžet model GBR-612-24-40-2 je $P_{r1} = 40 \text{ W}$. Celkem je na vyhřívané desce 7 těchto rezistorů s celkovým výkonem $P_{rp} = 280 \text{ W}$. Výkon topného rezistoru pro ohřev drážky model GBR-618-24-20-2 je $P_{r2} = 20 \text{ W}$. Celkem je na vyhříváném tělese 15 těchto rezistorů s výsledným výkonem $P_{rd} = 300 \text{ W}$.

Množství tepla Q_p , potřebné na ohřátí planžety o hmotnosti $m_p = 0,1 \text{ kg}$ s měrnou tepelnou kapacitou oceli $c_o = 450 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ a vyhřívanou deskou o hmotnosti $m_{d1} = 0,1 \text{ kg}$ s měrnou tepelnou kapacitou duralu $c_d = 900 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ při okolní teplotě $20 \text{ }^\circ\text{C}$ na teplotu $200 \text{ }^\circ\text{C}$ je:

$$Q_p = ([c_o * m_p] + [c_d * m_{d1}]) * \Delta T = ([450 * 0,1] + [900 * 0,1]) * 180 = 24\,300 \text{ J}$$

Potom minimální výkon topného tělesa pro ohřev soustavy za dobu 5 minut musí být:

$$P_p = \frac{Q_p}{t} = \frac{24300}{5 * 60} = 81 \text{ W}$$

$$P_p < P_{rp}$$

Z výsledku plyne, že celkový výkon navrhovaných topných rezistorů planžety je o 71% vyšší. Takovou rezervu lze považovat za dostatečnou a měla by pokrýt tepelné ztráty do okolí.

Množství tepla Q_d , potřebného na ohřátí drážky o hmotnosti $m_d = 0,18 \text{ kg}$ s měrnou tepelnou kapacitou $c_o = 450 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ a vyhříváný L profil o hmotnosti $m_l = 0,34 \text{ kg}$ s měrnou tepelnou kapacitou $c_o = 450 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ při okolní teplotě $20 \text{ }^\circ\text{C}$ na teplotu $200 \text{ }^\circ\text{C}$ je:

$$Q_d = ([c_o * m_d] + [c_o * m_l]) * \Delta T = ([450 * 0,18] + [450 * 0,34]) * 180 = 42120 \text{ J}$$

Potom minimální výkon topného tělesa pro ohřev soustavy za dobu 5 minut musí být:

$$P_d = \frac{Q_d}{t} = \frac{42120}{5 * 60} = 140,4 \text{ W}$$

$$P_d < P_{rd}$$

Z výsledku plyne, že celkový výkon navrhovaných topných rezistorů drážky je o 53% vyšší. Takovouto rezervu lze považovat za dostatečnou a měla by pokrýt tepelné ztráty do okolí.

5.1.1.2 Návrh pneumatických válců a pneumatického systému

V návrhu byly vybrány pneumatické kruhové válce DSNU společnosti FESTO s označením DSNU-10-15-P-A. Jedná se o válce s průměrem pístu $D = 10 \text{ mm}$ a zdvihem $z = 15 \text{ mm}$. Snímání koncových poloh je zajištěno skrze přibližovací magnetické snímače na plášti válce. Teoretická síla při 6 barech zpětného chodu válce činí 40 N. Jelikož jsou válce tvořiče ryly zdvojeny, výsledná teoretická síla při 6 barech zpětného chodu je 80 N. Počet dvojzdvihů (n_v) válce za 1 hodinu lze odhadnout z minimální doby potřebné k tvorbě ryly ($s = 1,5 \text{ s}$). Potom počet dvojzdvihů $n_v = 2400 \text{ h}^{-1}$.

Průměrná spotřeba vzduchu válce:

$$Q_v = \frac{p_2 + p_a}{p_a} * \frac{\pi}{2} * D^2 * z * n_v = \frac{600\,000 + 101\,320}{101\,320} * \frac{\pi}{2} * 0,01^2 * 0,015 * 2400$$

$$= 0,04 \text{ m}_n^3 \text{ h}^{-1}$$

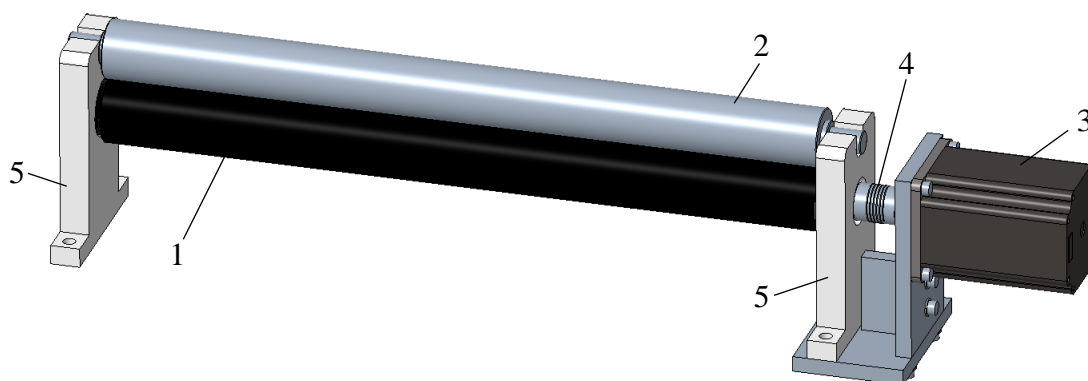
Výsledná spotřeba vzduchu 4 válců DSNU-10-15-P-A je $0,16 \text{ m}_n^3 \text{ h}^{-1}$. Stlačeným vzduchem poháněné jsou v zařízení už jen nanášecí hlavice tavného lepidla (viz kapitola 5.3), u kterých výrobce neuvádí množství spotřeby vzdušiny. Avšak lze předpokládat, že spotřeba stlačeného vzduchu nanášecími hlavicemi bude podobná spotřebě vzduchu navrhnutých pneumatických válců. Z důvodu nízké spotřeby vzdušiny lze zařízení připojit k rozvodu stlačeného vzduchu, tak i k standardním typům kompresorů. Stlačený vzduch bude upravován prostřednictvím úpravny vzduchu od společnosti FESTO model MS2-LFR-QS6-D6-AR-BAR-C-M-B s jmenovitým průtokem 310 l/min.

Z důvodů různých požadavků na hodnotu tlaku ve válcích při tvorbě ryl a nanášecí hlavice je systém rozdělen na 3 tlakové úrovně. První úroveň tlaku je nutné nastavit na 5-6 barů [21], jelikož takovéto tlakové rozmezí je vyžadováno u nanášecích hlavic. Tento tlak bude nastavován na redukčním ventilu úpravny vzduchu. Další dvě úrovně budou regulovány prostřednictvím redukčních ventilů před válci viz pneumatické schéma příloha E.

5.1.2 Odvíjecí zařízení

Odvíjecí zařízení v návrhu jednoúčelové stroje pro výrobu polotovarů filtračních vložek zastává dvou funkcí. Zaprvé, odvíjení materiálu z návinu na cívce, která je uložena na ložiskách vně rámu viz Obr. 36 na straně 59. Zadruhé, předzásobení materiálu pro proces rylování a pro proces skládání. To je realizováno tvorbou průvěsu materiálu před a za procesem rylování. Průvěs je snímán prostřednictvím reflexních světelných závor a následně regulován v závislosti na rychlosti skládání a rylování materiálu.

Odvíjecí zařízení se skládá z hnacího, pogumovaného válce (1), uloženého v kuličkových ložiskách ložiskového domku (5). Skrze spirálovou spojku (4) je na válec připojena hřídel krokového motoru (3). Z vrchní strany na pogumovaný válec (1) působí vlastní vahou přitlačný kovový válec (2). Tento válec je uložen v drážkách ložiskového domku (5) za účelem jednoduchého zavádění filtračního materiálu do zařízení.



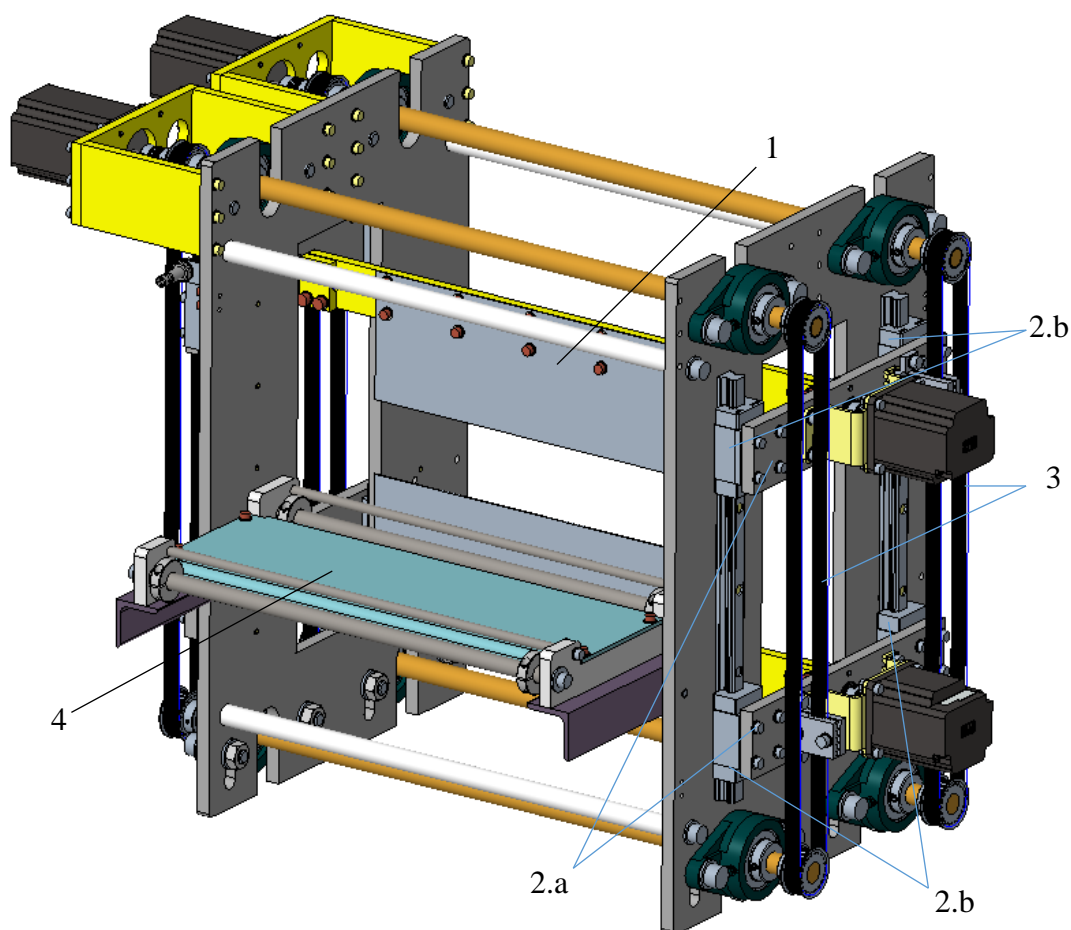
Obr. 40 – Odvíjecí zařízení

1) pogumovaný válec, 2) přitlačný válec, 3) krokový motor, 4) spirálová spojka, 5) ložiskový domek
Přitlačný ocelový válec na hnací pogumovaný válec působí jen konstantní silou vlastní váhy, a to o velikosti 19,6 N. V případě prokluzu materiálu mezi válci nelze u takového návrhu zvýšit přitlačnou sílu. Jediným způsobem, jak zamezit prokluzu materiálu, je zvýšit koeficient tření mezi válci a materiálem (např. změnou drsnosti válce). Z tohoto důvodu by bylo možné návrh optimalizovat z hlediska možnosti nastavitelné přitlačné síly.

5.2 Jednotka pro tvorbu skladů

Jednotka pro tvorbu skladů funguje na principu skládání viz kapitola 2.2.2 na straně 29. Nože konají jak rotační (kyvný) pohyb, tak translační pohyb. Návrh obou jednotek je možné prohlédnout v následujících kapitolách.

Jednotka pro tvorbu skladů je sestavena z dvou protichůdných soustav planžet (1), které jsou uloženy v ložiskách jezdce (2.a) translační jednotky (2). Jezdec translační jednotky se pohybuje po lineárním kuličkovém vedení (2.b). Rotační pohyb pohonu krokového motoru je převeden na translační pohyb skrze řemenový převod (3) s unašečem. Před skládacími noži je vložen stolek s vodiči filtračního materiálu (4). Těsně za skládací nože je zařazena část stroje se skladovým koridorem a prvky určené pro fixaci skladů viz kapitola 5.3.



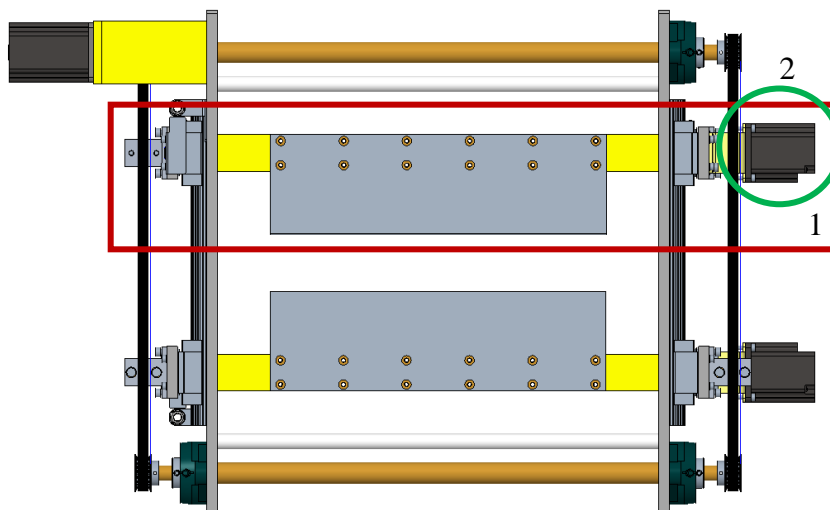
Obr. 41 – Jednotka pro tvorbu skladů

1) kyvná soustava planžety, 2) translační soustava, 2.a) jezdec translační soustavy, 2.b) kuličkové lineární vedení, 3) řemenový převod 4) vodič filtračního materiálu

Vodič filtračního materiálu (4) plní dvě funkce. Zaprvé, středění materiálu na osu stroje. Zadruhé, zabráňuje zvedání materiálu, u kterého by hrozilo vypadnutí materiálu mimo vodiče. V případě malého tahového napětí materiálu při skládání, které by mělo za důsledek nerovnoměrnost skladů, je možné na tyče vodiče (4.a) zaháknout závaží. To bude mít za následek zvýšení tahové síly v materiálu v prostoru mezi vodičem filtračního materiálu (4) a skládacími noži.

5.2.1 Návrh pohonu kyvné jednotky

Pro zajištění specifického kyvného natočení planžety, byla vybrána jednotka tvořena krokovým motorem s inkrementálním enkodérem, který zajišťuje dostatečně přesné polohování planžety.



Obr. 42 – Nárysnyý pohled na zařízení

1) rotační jednotka 2) pohon rotační jednotky

Předběžně pro výpočet je vybrán motor 80MPD1.300S014-01 od společnosti B&R.

Hodnoty rotační jednotky:

- Moment setrvačnosti rotujících hmot soustavy (planžeta, lišta, šrouby, ...)
 $J_s = 4,6 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
- Moment setrvačnosti rotoru krokového motoru $J_{p1} = 1,45 \cdot 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
- Úhel vyklopení nože $\alpha = 25^\circ = 0,43633 \text{ rad}$ (jedná se o polovinu maximálního pracovního vyklopení planžety 50°)
- Čas, za který dojde k vyklonění nože do požadované polohy $t = 0,05 \text{ s}$
- Při výpočtu je uvažováno s parabolickou zdvihovou závislostí. Tedy zrychlení je konstantní na úseku od $t = 0 \text{ s}$ do $t = 0,05 \text{ s}$. Poté dochází ke skokové změně zrychlení a zbytek zdvihu do 50° je soustava bržděná stejnou hodnotou zrychlení.

Zrychlení:

$$\varphi = \frac{1}{2} * \varepsilon * t^2 \rightarrow \varepsilon = \frac{2 * \varphi}{t^2} = \frac{2 * 0,43633}{0,05^2} = 349 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Rychlost:

$$\omega = \varepsilon * t = 349 * 0,05 = 17,46 \frac{rad}{s}$$

Otáčky:

$$n = \frac{\omega}{2 * \pi} * 60 = \frac{17,46}{2 * \pi} * 60 = 167 \text{ min}^{-1}$$

Jelikož všechny součásti rotují stejnou rychlostí, potom lze psát:

$$J_{RED,k} = J_s + J_{p1} = 4,6 * 10^{-4} + 1,45 * 10^{-5} = 4,75 * 10^{-4} \text{ kg} * \text{m}^2$$

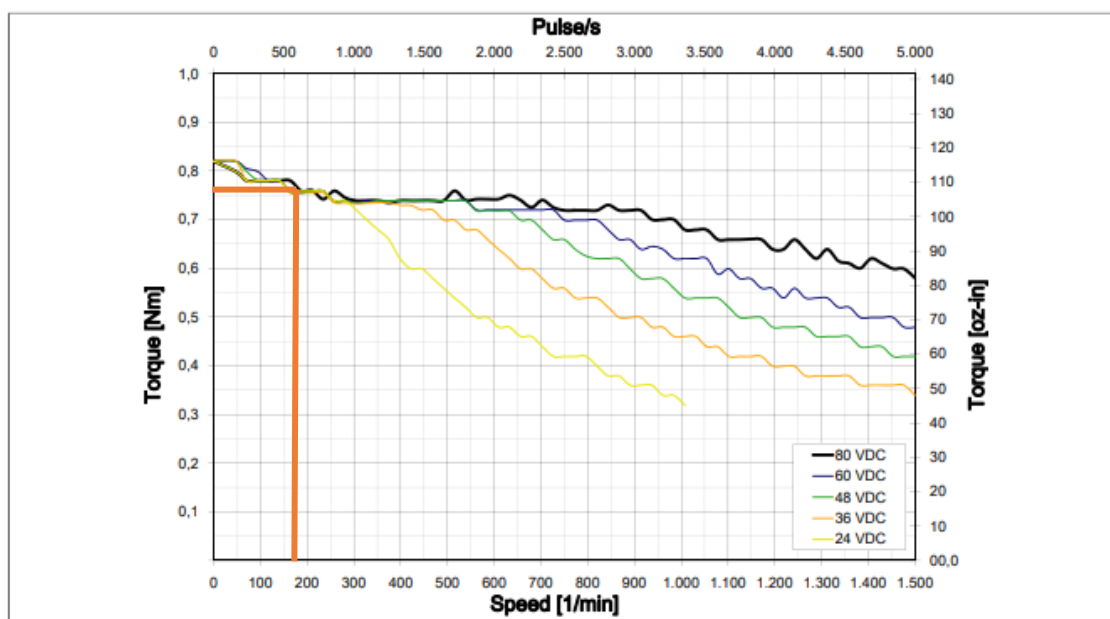
Dynamický krouticí moment:

$$M_{Dk} = J_{RED,k} * \varepsilon = 4,75 * 10^{-4} * 349 = 0,17 \text{ Nm}$$

Jelikož výpočet nezahrnuje pasivní odpory, rotující hmoty kuličkových ložisek a odpor kladený textilií při procesu skládání, je do návrhu započítána rezerva $k = 4$.

Celkový krouticí moment se potom rovná:

$$M_k = M_D * k = 0,17 * 4 = 0,68 \text{ Nm}$$



Obr. 43 – Momentová charakteristika motoru 80MPD1.300S014-01 [22]

Dle momentové charakteristiky sériového zapojení motoru při 24 V jednosměrném zapojení a 170 ot/min^{-1} je maximální krouticí moment motoru asi 0,75 Nm.

$$M_k < M_M$$

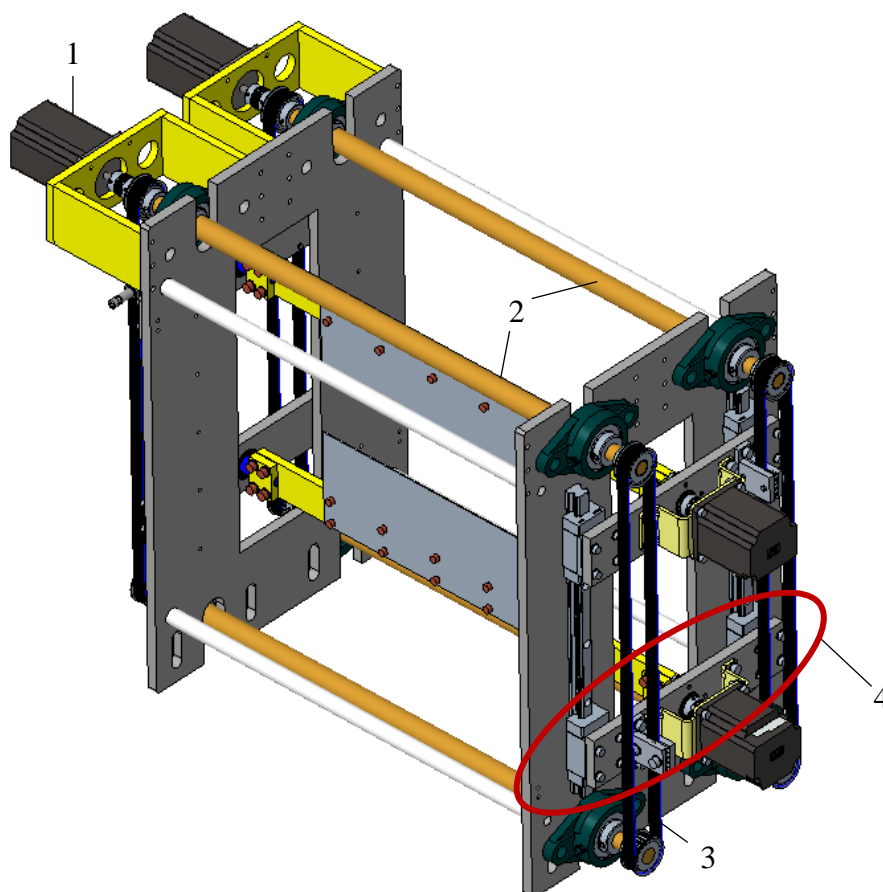
Druhou polovinu zdvihu motor brzdí. Tento kroutící moment by měl být menší, jelikož ve prospěch brždění motoru působí kroutící momenty pasivních odporů.

Motor pro rotační jednotku vyhovuje požadavkům

Rotační jednotka je uložena ve dvou jednořadých kuličkových ložiskách s těsnícími kroužky 6001-2RSH. Statická únosnost jednoho ložiska je $C_0 = 2,36 \text{ kN}$ a dynamická únosnost ložiska $C = 5,4 \text{ kN}$. Jelikož hmotnost sestavy planžety je 800 g, lze předpokládat, že tyto ložiska budou dostačující i bez nutnosti výpočtu.

5.2.2 Návrh pohonu translační jednotky

Zařízení má být schopné tvořit filtrační materiál s výškou skladů do 40 mm, proto translační jednotka musí být schopna pohybovat sestavou rotační jednotky v rozmezí 0–50 mm. Desetimilimetrová rezerva zajišťuje, aby nedocházelo ke kolizi planžety s materiálem a protější planžetou při opuštění planžety skládací koridor.



Obr. 44 – Funkční model skládací jednotky filtračních materiálů

1) Pohon translační jednotky, 2) hřídele, 3) řemenový převod, 4) jezdec s unašečem

Pro translační jednotku bylo zvoleno lineární vedení od společnosti HIWIN model HGH 15 CA, jako nejmenší standardní vedení, které tato společnost nabízí. Únosnost a životnost tohoto vedení nebyla ověřována výpočtem, jelikož na vedení translační jednotky působí malé zatížení, které je vyvozeno prakticky jen vlastní vahou. Vzhledem k vysoké únosnosti vozíku nebyl výpočet na tak malé zatížení od působení váhy a momentů na soustavu nutný.

Pro převod rotačního pohybu motoru na pohyb translační byl zvolen ozubený řemen s unašečem. Řemenový převod byl nakonfigurován pomocí nástroje ContiTech společnosti Continental [23]. Protokol z návrhu řemenu je k prohlédnutí v příloze D.

Hodnoty translační jednotky:

- Hmotnost sestavy planžety: $m_{pp} = 0,8 \text{ kg}$
- Hmotnost jezdce s motorem: $m_{j1} = 1,2 \text{ kg}$
- Hmotnost jezdce bez motoru: $m_{j2} = 0,43 \text{ kg}$
- Hmotnost vozíku lineárního vedení: $m_v = 0,18 \text{ kg}$
- Délka pohybu: $s = 0,025 \text{ m}$ (polovina maximálního zdvihu = vzdálenost, do které translační jednotka zrychluje)
- Doba, za kterou jezdec urazí danou vzdálenost: $t = 0,125 \text{ s}$
- Při výpočtu je uvažováno s parabolickou zdvihovou závislostí. Tedy zrychlení je konstantní na úseku od $t = 0 \text{ s}$ do $t = 0,125 \text{ s}$. Poté dochází ke skokové změně zrychlení a na úseku $s = 0,025 \text{ m}$ až $s = 0,05 \text{ m}$ je soustava bržděná stejnou hodnotou zrychlení.
- Střední průměr řemenice: $D_w = 0,03138 \text{ m}$
- Moment setrvačnosti řemenice: $J_f = 9,5 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
- Moment setrvačnosti hřídele: $J_h = 6,1 \cdot 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
- Moment setrvačnosti pohonu: $J_{p2} = 4,7 \cdot 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
- Třecí síla stíracích břitů vozíku: $F_t = 1,2 \text{ N}$

Celková hmotnost pohybujících se součástí:

$$m = m_{pp} + m_{j1} + m_{j2} + 4 \cdot m_v = 0,8 + 1,2 + 0,43 + 4 \cdot 0,18 = 3,15 \text{ kg}$$

Zrychlení:

$$s = \frac{1}{2} * a * t^2 \rightarrow a = \frac{2 * s}{t^2} = \frac{2 * 0,025}{0,125^2} = 3,2 \frac{m}{s^2}$$

Rychlost:

$$v = a * t = 3,2 * 0,125 = 0,4 \frac{m}{s}$$

Úhlová rychlost:

$$\omega = \frac{v}{R_w} = \frac{2 * 0,4}{0,03138} = 25,49 \frac{rad}{s}$$

Úhlové zrychlení:

$$\omega = \varepsilon * t \rightarrow \varepsilon = \frac{\omega}{t} = \frac{25,49}{0,125} = 203,95 \frac{rad}{s^2}$$

Otáčky:

$$n = \frac{\omega}{2 * \pi} * 60 = \frac{25,49}{2 * \pi} * 60 = 243,45 \text{ min}^{-1}$$

Redukovaný moment setrvačnosti na hřídel motoru:

$$\frac{1}{2} * J_{RED,t} * \omega^2 = \frac{1}{2} * (4 * J_{\dot{r}} + 2 * J_h + J_p) * \omega^2 + \frac{1}{2} m * v^2$$

$$J_{RED,t} = 4 * J_{\dot{r}} + 2 * J_h + J_p + m * \left(\frac{D_w}{2}\right)^2$$

$$\begin{aligned} J_{RED,t} &= 4 * 9,5 * 10^{-6} + 2 * 6,1 * 10^{-5} + 4,7 * 10^{-5} + 3,15 * \left(\frac{0,03138}{2}\right)^2 \\ &= 9,82 * 10^{-4} \text{ kg} * m^2 \end{aligned}$$

Dynamický kroutící moment:

$$M_{Dt} = J_{RED,t} * \varepsilon = 9,82 * 10^{-4} * 203,95 = 0,2 \text{ Nm}$$

Kroutící moment na hřídel od pasivních odporů:

$$M_p = 4 * F * \frac{D_w}{2} = 4 * 1,2 * \frac{0,03138}{2} = 0,075 \text{ Nm}$$

Statický kroutící moment:

$$M_s = m * g * \frac{D_w}{2} = 3,15 * 9,81 * \frac{0,03138}{2} = 0,489 \text{ Nm}$$

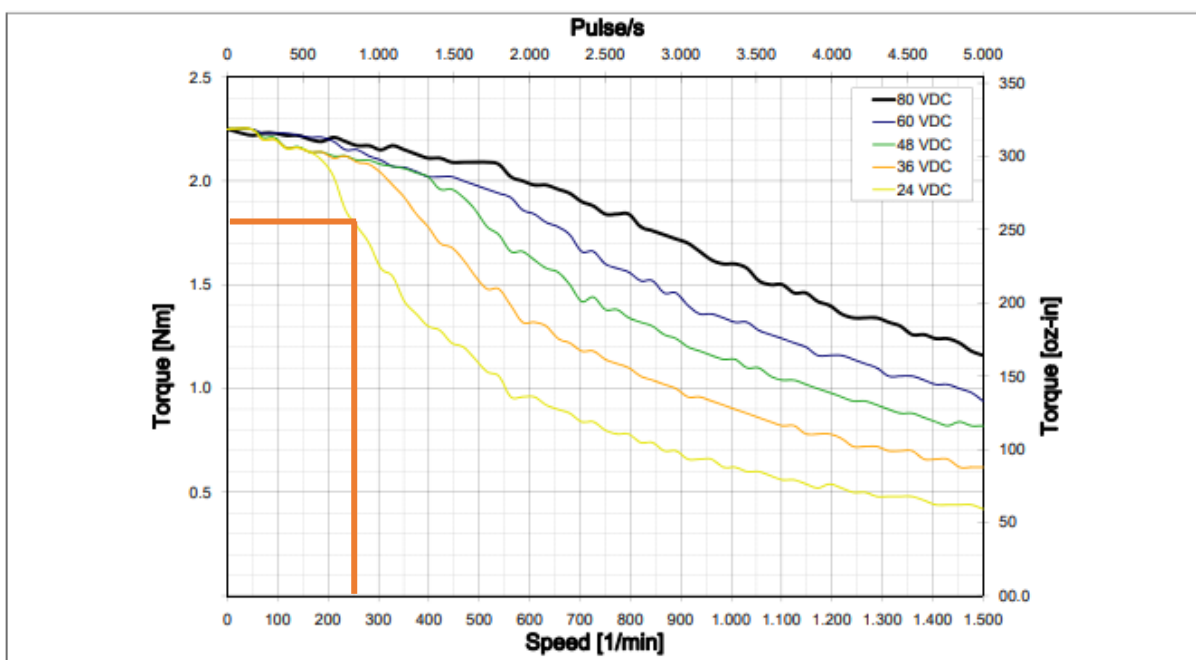
Do návrhu je započítána rezerva $k = 2$.

Celkový kroutící moment na hřídel:

$$M_t = (M_{Dt} + M_s + M_p) * k = (0,2 + 0,075 + 0,489) * k = 1,52 \text{ Nm}$$

Momentová charakteristika krokových motorů v sériovém zapojení prudce klesá v závislosti na otáčkách motoru. A tak i krokový motor se zdánlivě vysokým přídržným kroutícím momentem má při vysokých otáčkách sériového 24 VDC zapojení podobný maximální kroutící moment jako motor s mnohem nižším přídržným momentem. V případě paralelního zapojení motoru charakteristika klesá pomaleji a motor je vhodnější pro vyšší rychlosti. Nevýhodou paralelního zapojení je vyšší zahřívání motoru. Zahřívání motoru lze eliminovat pasivním nebo aktivním chlazením.

Na základě stanovení maximálního kroutícího momentu byl vybrán motor od společnosti B&R. S typovým označením 80MPD5.300S000-01, u kterého je uvažováno s 24 VDC paralelním zapojením.



Obr. 45 – Momentová charakteristika motoru 80MPD5.300S000-01 [22]

Při 250 ot/min^{-1} je maximální kroutící moment vybraného motoru asi 1,8 Nm.

$$M_t < M_M$$

Druhou část zdvihu motor brzdí, a tedy k brzdění přispívají pasivní odpory. Jelikož je translační jednotka ve vertikální pozici, tak i statický moment působí při zpětném pohybu

ve směru pohybu jezdce. Potřebný brzdný moment od motoru je tak nižší nežli výše vypočtený pro pohyb ve směru opačném.

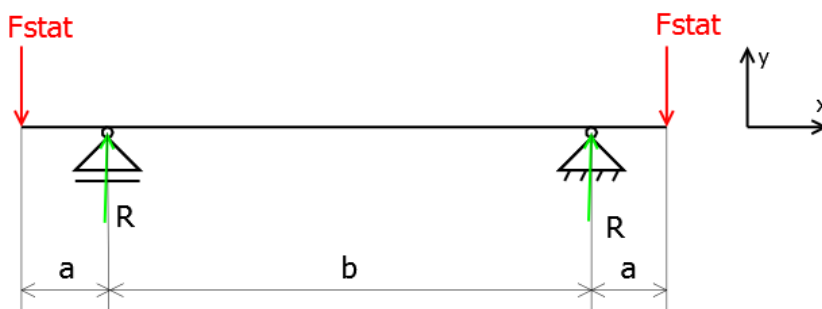
Motor pro translační jednotku vyhovuje požadavkům

5.2.2.1 Výpočet únosnosti hřídelů

Hřídele jsou namáhány na krut a na ohybový moment od napětí v řemenu. Proto byl vytvořen kontrolní výpočet únosnosti hřídele.

Hodnoty:

- Síla od řemenice – montáž bez dopínání $F_{stat} = 370 \text{ N}$
- Kroutící moment působící na hřídel: $M_k = 3 \text{ Nm}$ (zde je uvažován přídržný moment motoru) [22]
- Materiál hřídele: 11 600
- Dovolené napětí v krutu (střídavý) $\tau_{DK} = 50 \text{ MPa}$ [24]
- Dovolené napětí v ohybu (střídavý) $\sigma_{DO} = 85 \text{ MPa}$ [24]
- Rozměry: $a = 0,043 \text{ mm}$, $b = 0,44 \text{ mm}$
- Volím průměr hřídele: $d = 15 \text{ mm}$



Obr. 46 – Schéma hřídele

Rovnice rovnováhy ve směru osy Y:

$$2 * F_{stat} = 2 * R \rightarrow R = F_{stat} = 370 \text{ N}$$

Maximální ohybový moment:

$$M_0 = F_{stat} * a = 370 * 0,043 = 15,91 \text{ Nm}$$

Napětí v ohybu:

$$\sigma = \frac{M_o}{W_o} = \frac{32 * 1000 * 15,91}{\pi * 15^3} = 48,02 \text{ MPa}$$

Napětí v krutu:

$$\tau = \frac{M_K}{W_K} = \frac{16 * 1000 * 3}{\pi * 15^3} = 4,53 \text{ MPa}$$

Součinitel bezpečnosti v ohybu:

$$k_\sigma = \frac{\sigma_{DO}}{\sigma} = \frac{85}{48,02} = 1,77$$

Součinitel bezpečnosti v krutu:

$$k_\tau = \frac{\tau_{DK}}{\tau} = \frac{50}{4,53} = 11,04$$

Celkový součinitel bezpečnosti:

$$k = \sqrt{\frac{k_\sigma^2 * k_\tau^2}{k_\sigma^2 + k_\tau^2}} = \sqrt{\frac{1,77^2 * 11,04^2}{1,77^2 + 11,04^2}} = 1,75$$

Navržená hřídel vyhovuje

5.2.2.2 Výpočet životnosti ložisek uložení hřídele

Hřídele jsou uloženy v ložiskových jednotkách UCFL 202 s kuličkovými ložisky o dynamické nosnosti radiální $C = 10100 \text{ N}$ [25] a statické radiální únosnosti $C_0 = 6300 \text{ N}$ [25].

Jelikož na ložisko nepůsobí žádná axiální síla, ekvivalentní síla zatížení na ložisko je potom rovna radiální zatěžující síle:

$$F_{e0} = F_e = F_{stat} = 370 \text{ N}$$

Základní trvanlivost v hodinách:

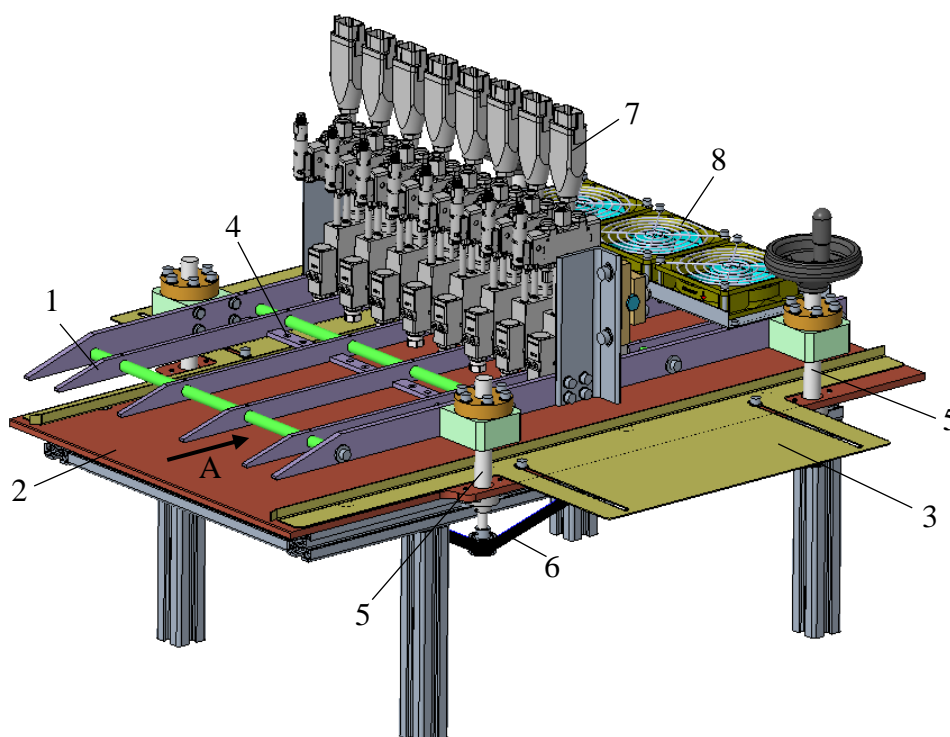
$$L_h = \left(\frac{C_0}{F_e}\right)^3 * \frac{10^6}{60 * n} = \left(\frac{10100}{370}\right)^3 * \frac{10^6}{60 * 244} = 1389370 \text{ h}$$

Navržená ložiska vyhovují

5.3 Fixace skladů

Sklady jsou tvořeny přímo do koridoru ve směru toku materiálu A. Tato část stroje tak musí být zařazena přímo za planžety skládací jednotky. Koridor je vymezen ze spodní části vodící deskou (2), z horní části vodícími plochými tyčemi (1) a z boků jsou vedeny pomocí

vodičů (3). Naskládaný materiál je posouván dále ve směru A a po zaběhnutí stroje je naskládaným materiálem vyplněn celý koridor. Nad materiálem je vedeno až 8 textilních vláken skrze keramické vodiče (4), které jsou lepeny tavným lepidlem k hřbetům skladů prostřednictvím kompaktních nanášecích hlav HB 11 (7) od společnosti Bühnen [21]. Nanesené lepidlo na hřbety skladů chladne a dochází k vytvrzení, k čemuž napomáhají ofukovací ventilátory (8). Zafixovaný materiál s vytvrzeným lepidlem opouští tuto část stroje. V tomto okamžiku je dle požadavků polotovar odtahován do následujícího procesu výroby filtračních vložek.



Obr. 47 – Fixace skladů

1) vodící tyče, 2) vodící deska, 3) vodiče, 4) vodiče textilních vláken, 5) trapézový šroub, 6) řemenový převod, 7) nanášecí hlavice, 8) ventilátory, A) směr toku materiálu

Výšku skládacího koridoru lze nastavit v rozmezí 10-40 mm. To je možné prostřednictvím 4 trapézových samosvorných šroubů (5), které jsou synchronizované ozubeným řemenem. Ovládání je realizováno skrze ruční kolo s rukojetí. Společně se soustavou plochých vodících tyčí se pohybují i nanášecí hlavy a ventilátory. Přenastavení stroje na výrobu filtrů o požadované výšce je tak velmi jednoduché.

Zařízení je koncipováno pro skládání materiálů o šířkách v rozmezí 40-300 mm. Materiál je zarovnáván na střed stroje, proto je nutné vymezit koridor i pro užší materiály. To je prováděno prostřednictvím vodičů (3) a tedy oba vodiče lze z krajní pozice posouvat o 130 mm ke středu.

Fixační linie jsou dány umístěním vodičů příze. Ty jsou uloženy v ploché tyči s roztečí otvorů o 20 mm. V případě nevyhovující rozteče vodičů příze lze plochou tyč s vodiči zaměnit za jiné s různou roztečí. Do stejné linie s přízí je následně nutné nastavit nanášecí hlavice. To lze realizovat posuvem hlavice po šestihranné tyči. Vzdálenosti fixačních linií lze neomezeně nastavit dle požadavků.

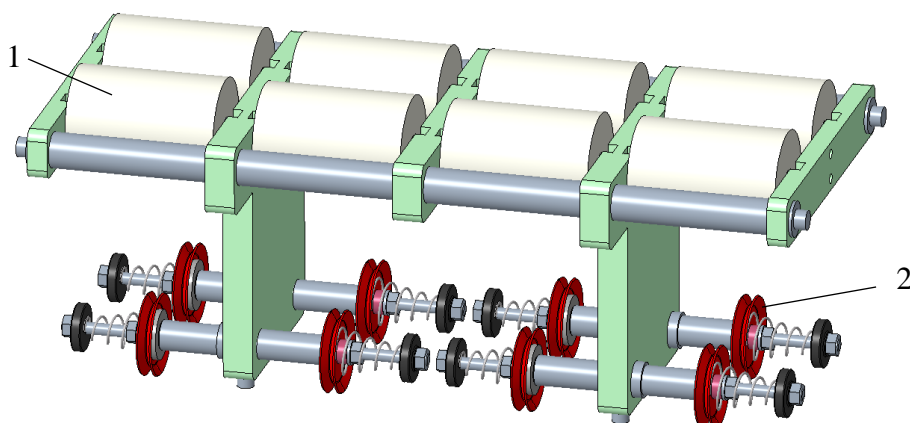
Tento návrh neumožňuje nastavení rozteče skladů filtračního materiálu. Pro takové aplikace by musela být tato část zaměněna za zařízení, které by umožňovalo rozvolnění hustě naskládaného materiálu na požadovanou rozteč. Takové zařízení by mohlo fungovat například na principu spirál pro udání konstantní rozteče skladů viz kapitola 2.2.3 na straně 30.

Nanášecí hlavice HB 11 je nutné připojit přes vyhřívané hadice k nádržovému zařízení v závislosti na tavném výkonu a objemu nádrže. Nádržové zařízení je vhodné umístit v blízkosti jednoúčelového stroje. Na základě komunikace s pracovníkem firmy Bühnen bylo předběžně pro tuto aplikaci vybráno lepidlo pod označením D61544.1 viz technický list v příloze F. Avšak optimální typ lepidla se obvykle vybírá až po zkouškách na daném zařízení.

5.3.1 Set cívek fixačních přízí

Patent US 2011/0138760 A1 představuje princip fixace skladů pomocí nelineárního adhezního pramene, jehož obdobný způsob je použit i v tomto návrhu. Tento patent je do roku 2024 aktivní. Snahou je patent obejít takovým způsobem, že do nelineárního adhezního pramene bude lepen lineární útvar ve formě příze.

Set 8 cívek pro fixaci skladů filtrů je zavěšen nad fixační částí stroje viz Obr. 36 na straně 59. Z tohoto místa jsou příze z cívek (1) vedeny přes individuální talířové brzdičky (2) do karmických vodičů vláken nad sklady filtračního materiálu viz kapitola 5.3 odstavec 4.



Obr. 48 – Sestava cívek fixačních nití

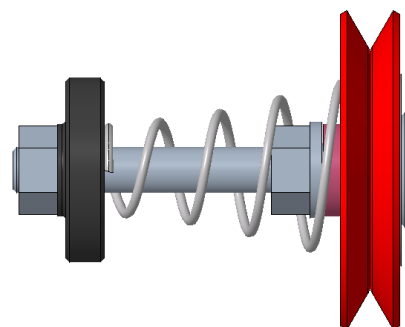
1) cívky s přízí, 2) talířové brzdičky

Pro tuto aplikaci by byly vhodné především příze/nitě chemického původu. A to protože, příze rostlinného a živočišného původu mají na povrchu volná vlákna (z důvodu krátkých vláken), která by na trysce mohla ulpívat. Tím by docházelo k zanášení trysky a nutnosti častého čištění.

Vhodnou variantou jsou například příze PES pro jejich relativně vysokou teplotní odolnost (teplota měknutí ~230 °C) a nízkou cenu. Pro tuto aplikaci je vhodná celá řada přízí v závislosti na skládaném materiálu, teplotě a typu lepidla. Tudíž nelze v tomto okamžiku jednoznačně říct, která příze je pro tuto aplikaci nejvhodnější.

5.3.1.1 Talířová brzdička

Talířová brzdička je tvořena statickým a přítlačným talířkem, na který působí síla od kuželové pružiny s maximální silou vyvozenou stlačením pružiny o 32,29 N. Stlačení pružiny lze upravovat prostřednictvím rýhované matice a pojistné matice. Talířky jsou navlečeny na statické hřídeli s keramickou vložkou, aby nedocházelo k opotřebení ocelové hřídele způsobené vláknovým třením.

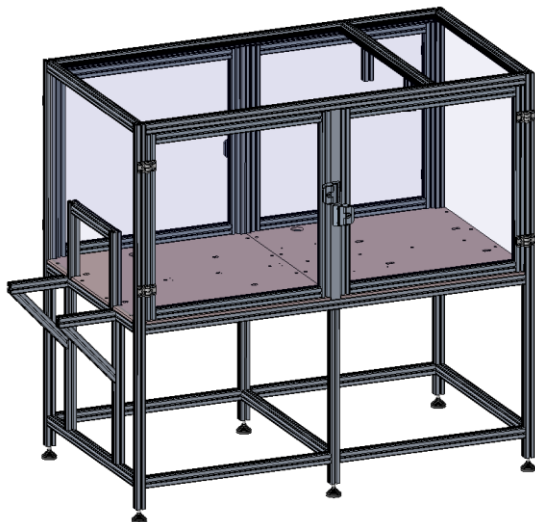


Obr. 49 – Talířová brzdička

5.4 Rám stroje

Celé ústrojí, kromě cívky filtračního materiálu, je uloženo v komoře hliníkového rámu sestaveného z profilového systému od společnosti MayTec. Rám stojí na stavitelných nohách pro vyrovnaní základní desky stroje do vodorovné pozice.

Jednouúčelový stroj je navrhován pro laboratorní účely, z tohoto důvodu rám neobsahuje bezpečnostní prvky, jako jsou světelné závory na nezakrytovaných částech stroje a dvevní spínače. Rám je vyplněn polykarbonátovými výplněmi pro zajištění alespoň nějaké bezpečnosti v případě pádu osoby směrem do ústrojí zařízení, které by mohlo vézt ke zranění.



Obr. 50 – Rám stroje

zranění.

Nedostatkem rámu a jeho krytování je absence oddělené komory pro rylovací jednotku. V takovém případě by se výrazně snížily teplotní ztráty do okolí. Nástroje pro tvorbu ryl by byly rychleji nahřáté na požadovanou teplotu. Prostor mimo komoru rylovací jednotky by mohl být odvětráván, to by mělo pozitivní účinek zejména na rychlejší vytvrzení lepidla fixace a lepší chlazení krokových motorů.

Při konstrukci rámu nebylo zamýšleno s pozicí operačního panelu, který by mohl být v horní části zařízení. Rozvaděčovou skříň by nejspíše bylo možné, společně s úpravnou vzduchu a ventily, uložit do spodní části stroje. Nádržové zařízení pro tavné lepidlo by bylo vhodné umístit na samostatný podstavec v blízkosti jednouúčelového stroje.

Závěr

S ohledem na teoretickou část, která se zabývá filtrační technologií a současným stavem výroby skládaných filtrů pro vzduchovou a kapalinovou filtraci se zaměřením na netkané textilie, byly navrženy 2 varianty řešení.

První varianta spočívala na principu skládání a tvorby ryl prostřednictvím plisovacích nožů s lineárním vratným pohybem s délkou zdvihu rovnající se výšce skladu. Do tohoto procesu byla implementována i fixace skladů, což má za důsledek zkombinování třech hlavních procesů výroby polotovarů skládaných filtrů. Snahou bylo vytvořit kompaktní modul sestávající se z několika setů nástrojů, které by umožňovaly tvořit kompletní fixovaný sklad v jednom zdvihu plisovacího nože. Takovýto koncept by výrazně zmenšil zástavbový prostor jednoúčelového stroje.

Druhá varianta návrhu jednoúčelového stroje byla navrhována s naprosto odlišným konceptem. V tomto návrhu byl proces výroby rozdělen do jednotlivých částí, a to na tvorbu ryl, skládání a fixování skladů. Zařízení je tak sestaveno ze tří na sebe navazujících modulů.

Tento návrh byl před návrhem č. 1 vybrán pro následné zpracování funkčního modelu jednoúčelového zařízení, pro který byla následně zpracována výkresová dokumentace. Protože návrh č. 2 je vhodnějším řešením pro výrobu polotovarů filtračních vložek z netkané textilie s obsahem nanovláken v šíři 300 mm z důvodu rychlejšího procesu výroby, a tedy vyšší konkurenceschopnosti. Nevýhodou zpracovaného návrhu je obtížné nastavení rozteče skladů, kterého lze dosáhnout záměnou fixačního modulu za takový, který bude obsahovat zařízení pro řízené rozvolnění skladů.

Nedostatkem konstrukčního návrhu je rozdílná rychlost tvorby ryl, která je 1 ryla/s, a rychlost tvorby skladů 2 sklady/s. Vhodnější by bylo, aby tvorba ryl byla stejně rychlá jako tvorba skladů nebo rychlejší. Pro zvýšení rychlosti tvorby ryl bylo navrženo znásobení rylovacích nástrojů, který by měl podobu hřebenu. Takto lze nepatrným zásahem do konstrukce zrychlit proces tvorby ryl až několikanásobně.

Druhé zdokonalení návrhu zařízení, které nebylo do diplomové práce zakomponováno, je uzavření rylovacího modulu do oddělené komory. Při zpracování filtračních materiálů z polymerních netkaných textilií je při tvorbě ryl vyžadováno působení tepla. To je dosaženo vyhříváním rylovacích nástrojů na vhodnou teplotu. Oddělená komora by měla značný a kladný vliv na udržení konstantní teploty zahříváných nástrojů.

Proces výroby skládaných filtrů se bez rylování materiálu neobejde. Z tohoto důvodu byl vyroben přípravek pro upnutí nože a dorazu/drážky, který sloužil k experimentálnímu ověření tvaru nástrojů a stanovení optimálních podmínek pro tvorbu ryl. Společně s výběrem optimálních tvarů nástrojů, byly stanoveny optimální pracovní teploty pro tvorbu ryl pro materiál Nanovia Anti Virus SMNF 57, která je 110-120 °C.

Diplomová práce může v budoucnu sloužit jako podklad pro výrobu navrhovaného zařízení, ale také jako soubor poznatků, které byly během realizace experimentů, tvorby konstrukce zařízení a psaní práce shromážděny.

Seznam použité literatury

- [1] HEPA. *The Free Dictionary: by Farlex* [online]. Huntingdon Valley: Farlex, Inc, © 2003-2021 [cit. 2021-05-24]. Dostupné z: <https://www.thefreedictionary.com/HEPA>
- [2] KUNCOVÁ, Veronika. *Nanovlákné vzduchové filtry*. nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín, 2017. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Martina Polášková, Ph.D.
- [3] JÍROVÁ, Bc. Eliška. *Využití technologie Airlaid pro přípravu filtrů spalin*. Studentská 1402/2, 461 17 Liberec, 2013. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Ing. Jakub Hrůza, Ph.D.
- [4] Aplikace nanomateriálů. *Jakub Hrůza - osobní stránky* [online]. [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: <https://jakub-hruza.webnode.cz/prednasky/aplikace-nanomaterialu/>
- [5] Filtrační materiál AF 220/G4/balení role 2x20 m. *E-ventilator* [online]. Hradec Králové: UNITRADE HK s.r.o., 2016-2019 [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: https://www.e-ventilator.cz/75-filtracni-material-af-220-g4-balení-role-2x20-m.html?gclid=Cj0KCQjw4cOEBhDMARIsAA3XDRgSkgcuzdQpMhaLKYBO6QjJ5SerJMGx922Ff6_TZGHZ9mlQbFvLkjoaAlG3EALw_wcB
- [6] Tukový filtr do digestoře - 60 cm x 55 cm, 2ks v balení. *Koma* [online]. Praha: Komaonline.cz, 2021 [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.komaonline.cz/tukovy-filtr-do-odsavace-par-univerzalni/>
- [7] Activated Carbon Pleated Polyester Air Filter Media. *Irema* [online]. Kilmallock: IREMA Ireland, 2021 [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.irema.com/product/pleated-polyester-air-filter-media-activated-carbon/>
- [8] Kapsové filtry. *C-filter: World of filters* [online]. Brno: C-FILTER FILTRY, s.r.o., 2011-2019 [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.filtr-filtr.cz/kapsove-filtry>
- [9] Filtrační elementy (patrony). *C-filter: World of filters* [online]. Brno: C-FILTER FILTRY, s.r.o., ©2011-2019 [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: <https://www.filtr-filtr.cz/filtracni-elementy-patrony-2>

- [10] Látkové filtry. *DEPURO* [online]. Praha: DEPURO s.r.o., 2020 [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: <https://www.depuro.cz/latkove-filtry.html>
- [11] WIRTH, Emilia, Lilia SABANTINA, Marcus O. WEBER, Karin FINSTERBUSCH a Andrea EHRMANN. Preliminary Study of Ultrasonic Welding as a Joining Process for Electrospun Nanofiber Mats. *Nanomaterials* [online]. 2018, **8**(10), 13 [cit. 2020-10-30]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.3390/nano8100746>
- [12] RAPP, Siegfried. *Method for manufacturing a pleated filter*. 2008. EP 1 952 873 A1. Uděleno 06.08.2008. Zapsáno 04.02.2008.
- [13] Co je to HEPA filtr?. *Provysavace.cz* [online]. Ostrava: Provysavace.cz, 2021 [cit. 2021-01-28]. Dostupné z: <https://www.provysavace.cz/co-je-to-hepa-filtr-x31063>
- [14] DEMMEL, Joerg, Andreas LEVERMANN a Siegfried RAPP. *Device for folding a web of material*. 1997. US 6290635 B1. Uděleno 18.09.2001. Zapsáno 4.10.1997.
- [15] DEWES, Markus. *Method for producing a filter material*. 2011. Německo. DE 10 2011 116 947 A1. Uděleno 02.05.2013. Zapsáno 26.10.2011.
- [16] WENZ, Berthold. *Method of manufacturing a pleated filter material*. 1993. US 5 389 175. Uděleno 14.02.1995. Zapsáno 16.07.1993.
- [17] *Verfahren zum Herstellen von Stehfalten und Messerfaltmaschine mit Fördereinrichtung*. 21. 05. 2004. Spolková republika Německo. DE 10 2004 025 501 B4 B65H 45/20 (2006.01). Uděleno 05. 07. 2007. Zapsáno 21. 05. 2004.
- [18] C. SUNDET, Douglas, Dean R. DUFFY, Donald E. YOUNG a Lowell E. CHRISTENSEN. *Self-supporting pleated filter media*. 2011. US 2011/0138760 A1. Uděleno 16.06.2011. Zapsáno 25.02.2011.
- [19] GOLDEN, Patrick, Gregory L. REICHTER a Daniel T. RISCH. *FLUTED FILTER MEDIUM AND PROCESS FOR ITS MANUFACTURE*. 2011. US 8,512,499 B2. Uděleno 20.08.2013. Zapsáno 11.08.2011.
- [20] MAZZACCHERINI, Graziano a Alessandro MORELLI. *An interfolding machine with separation fingers adjacent to respective interfolding rollers*. 2019. US 2021/0047142 A1. Přihlášeno 18.02.2021. Zapsáno 01.02.2019.

- [21] *Micro Application Head HB 11: Translation of the Original Operating Instructions*. Brémy: BÜHNEN GmbH & Co. KG, 2014. Dostupné také z: <https://www.buehnen.de/files/manuals/HB%2011%20EN.pdf>

- [22] BERNECKER + RAINER INDUSTRIE-ELEKTRONIK GES.M.B.H. *Stepper motors: User's Manual* [online]. 2.0. 120 s. [cit. 22.04.2021]. MASMOT-ENG. Dostupné z: https://download.br-automation.com/BRP4440000000000000000441968/Schrittmotoren_Anwenderhandbuch_2.0_en.pdf?px-hash=7c7cf3ea4324dc3a5a705b1adefc63bb&px-time=1619095661

- [23] *ContiTech* [online]. Hannover: Continental AG, 2018 [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: <https://www.conti-professional.com/>

- [24] Hodnoty mezi pevnosti, kluzu, únavy a dovolených napětí pro ocel. *E-konstruktor* [online]. Praha: E-konstruktor, 2017 [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/hodnoty-mezi-pevnosti-kluzu-unavy-a-dovolenych-napeti-pro-ocel>

- [25] HTB UCFL 202 přírubové ložisko šedá litina Ø otvoru 15 mm Rozestup děr 90 mm. *Conrad* [online]. Praha: Conrad Electronic Česká republika, s.r.o., 2020 [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <https://www.conrad.cz/p/htb-ucfl-202-prirubove-lozisko-seda-litina-otvoru-15-mm-rozestup-der-90-mm-197008>

Seznam příloh

A. Naměřené hodnoty z laserového mikroskopu vzorků 1. setu.....	85
B. Naměřené hodnoty z laserového mikroskopu vzorků 2. setu.....	95
C. Fotografie vzorků 3. setu.....	105
D. Výpočet řemenu translační jednotky	109
E. Pneumatické schéma	114
F. Technický list lepidla D61544.1	115
G. Technický list Nanovia Anti Virus SMNF 57	116
H. Výkresy nástrojů zkušebního přípravku	118

A. Naměřené hodnoty z laserového mikroskopu vzorků 1. setu

Kombinace U-U, teplota 80 °C, šíře vzorku 125 mm, zatížení 9 N				
č. skenu	č. řezu	min [μm]	max [μm]	rozdíl hodnot [μm]
1	1	105,2	230,4	125,2
	2	111,2	242,5	131,3
	3	90	226,1	136,1
	4	84,6	228,3	143,7
	5	56,2	252,8	196,6
2	1	124,8	277,6	152,8
	2	108,2	275	166,8
	3	129,9	280,4	150,5
	4	150,2	286,1	135,9
	5	123,4	283,4	160
3	1	83,6	250,4	166,8
	2	79,9	241,3	161,4
	3	67,2	237,7	170,5
	4	115,1	234	118,9
	5	126,3	245,8	119,5
4	1	127,2	321,8	194,6
	2	121,1	350,7	229,6
	3	63,7	329,7	266
	4	111,4	336,6	225,2
	5	119,4	319,7	200,3
5	1	104,5	293,3	188,8
	2	112,6	278,3	165,7
	3	95,1	288,7	193,6
	4	97,7	254,6	156,9
	5	76,1	245,9	169,8
Průměrná hodnota [μm]				169,06
Směrodatná odchylka [μm]				35,5894

Kombinace U-U, teplota 100 °C, šíře vzorku 125 mm, zatížení 9 N				
č. skenu	č. řezu	min [μm]	max [μm]	rozdíl hodnot [μm]
1	1	115,3	347,2	231,9
	2	40,8	345,2	304,4
	3	94,3	331,6	237,3
	4	124,8	330,5	205,7
	5	25,3	316,8	291,5
2	1	91,2	304,2	213
	2	105,9	343,6	237,7
	3	95,6	342,7	247,1
	4	80,3	289,6	209,3
	5	81,6	313,7	232,1
3	1	93,2	331,9	238,7
	2	101,4	271,4	170
	3	66	281	215
	4	62,9	333,9	271
	5	98,6	361,7	263,1
4	1	133,3	358,3	225
	2	124,2	365,3	241,1
	3	130,3	377,1	246,8
	4	128,8	370,4	241,6
	5	122,6	358,8	236,2
5	1	49,5	394,5	345
	2	42,6	380,2	337,6
	3	107,3	358,5	251,2
	4	112,8	364,2	251,4
	5	91,2	365,6	274,4
Průměrná hodnota [μm]				248,724
Směrodatná odchylka [μm]				38,59335

Kombinace U-U, teplota 110 °C, šíře vzorku 125 mm, zatížení 9 N				
č. skenu	č. řezu	min [μm]	max [μm]	rozdíl hodnot [μm]
1	1	63,5	385,5	322
	2	61,9	381,2	319,3
	3	104,9	381,4	276,5
	4	86,5	349,7	263,2
	5	114,2	306,9	192,7
2	1	92,1	315,8	223,7
	2	43,6	316,1	272,5
	3	79,7	323,5	243,8
	4	60,6	345,6	285
	5	69,4	350,5	281,1
3	1	95,4	341,5	246,1
	2	71,3	353,2	281,9
	3	45,1	313,4	268,3
	4	82,7	323,9	241,2
	5	67,4	320,7	253,3
4	1	77	312,1	235,1
	2	90	323,2	233,2
	3	72,8	305,9	233,1
	4	56,5	311,3	254,8
	5	19,9	315,2	295,3
5	1	82,8	409,2	326,4
	2	85	396,3	311,3
	3	66,1	390,6	324,5
	4	105,9	386,9	281
	5	53,2	370,1	316,9
Průměrná hodnota [μm]				271,288
Směrodatná odchylka [μm]				35,29755

Kombinace U-U, teplota 120 °C, šíře vzorku 125 mm, zatížení 9 N				
č. skenu	č. řezu	min [μm]	max [μm]	rozdíl hodnot [μm]
1	1	77,1	327,4	250,3
	2	77,8	327,2	249,4
	3	62,9	296,9	234
	4	87,2	256	168,8
	5	75,6	301,7	226,1
2	1	82,2	328,1	245,9
	2	5,7	357,3	351,6
	3	93	351,9	258,9
	4	71	330,1	259,1
	5	82,8	351,9	269,1
3	1	73,3	351,1	277,8
	2	85,6	378,6	293
	3	60	355	295
	4	70,5	329,9	259,4
	5	45,5	329,5	284
4	1	129,6	429,3	299,7
	2	65	453,2	388,2
	3	117,4	459,3	341,9
	4	127,9	482,4	354,5
	5	138,3	486,2	347,9
5	1	98,4	389,7	291,3
	2	99,9	376,2	276,3
	3	43,2	398,7	355,5
	4	87,6	394,4	306,8
	5	133,6	404	270,4
Průměrná hodnota [μm]				286,196
Směrodatná odchylka [μm]				48,62689

Kombinace U-U, teplota 130 °C, šíře vzorku 125 mm, zatížení 9 N				
č. skenu	č. řezu	min [μm]	max [μm]	rozdíl hodnot [μm]
1	1	113,1	435,3	322,2
	2	87,5	419,1	331,6
	3	99,9	439,9	340
	4	92,9	445,9	353
	5	112,7	433,2	320,5
2	1	65,2	495	429,8
	2	65,5	457,7	392,2
	3	114,2	470,9	356,7
	4	116,4	472	355,6
	5	11,9	485,5	473,6
3	1	83,9	415,6	331,7
	2	107	442,6	335,6
	3	140	433,2	293,2
	4	154,4	417,9	263,5
	5	109,7	442,7	333
4	1	47,9	440,6	392,7
	2	91	393,7	302,7
	3	91,7	401,9	310,2
	4	59,4	416,8	357,4
	5	84,56	463,33	378,77
5	1	94,8	412,8	318
	2	82,7	393,2	310,5
	3	29,2	392,3	363,1
	4	28,9	407,9	379
	5	86,6	389,7	303,1
Průměrná hodnota [μm]				345,9068
Směrodatná odchylka [μm]				44,28868

Kombinace V-V, teplota 80 °C, šíře vzorku 125 mm, zatížení 9 N				
č. skenu	č. řezu	min [μm]	max [μm]	rozdíl hodnot [μm]
1	1	77,5	274,3	196,8
	2	30,2	273,8	243,6
	3	71,7	280	208,3
	4	82,4	285,9	203,5
	5	59	299,9	240,9
2	1	74,2	339,5	265,3
	2	100,2	348,3	248,1
	3	117,8	350,5	232,7
	4	114,1	348,1	234
	5	112,8	350,9	238,1
3	1	91,4	310,1	218,7
	2	74,1	288,5	214,4
	3	70,9	316,7	245,8
	4	84,6	315,6	231
	5	78,7	328	249,3
4	1	43	306	263
	2	8,7	292,4	283,7
	3	76	251,3	175,3
	4	54,1	284,4	230,3
	5	73,7	310,5	236,8
5	1	113,2	388,9	275,7
	2	106,1	380,3	274,2
	3	57,2	410,2	353
	4	105,8	384,6	278,8
	5	5,4	387,8	382,4
Průměrná hodnota [μm]				248,948
Směrodatná odchylka [μm]				43,84048

Kombinace V-V, teplota 100 °C, šíře vzorku 125 mm, zatížení 9 N				
č. skenu	č. řezu	min [μm]	max [μm]	rozdíl hodnot [μm]
1	1	104,6	393,8	289,2
	2	111,4	403	291,6
	3	111,2	372,6	261,4
	4	127,5	369,8	242,3
	5	126,1	367,9	241,8
2	1	92,8	322,6	229,8
	2	103,5	305	201,5
	3	101,5	313,2	211,7
	4	76,7	329,4	252,7
	5	90,4	343,3	252,9
3	1	17,8	264,1	246,3
	2	84,5	293,1	208,6
	3	41,5	277,4	235,9
	4	41,3	300,4	259,1
	5	43,7	312,2	268,5
4	1	23,6	278,5	254,9
	2	38,7	256,1	217,4
	3	14,5	254,1	239,6
	4	45,6	258,9	213,3
	5	48,6	260,9	212,3
5	1	76,4	349,4	273
	2	100	343,7	243,7
	3	112,6	308	195,4
	4	78	322,2	244,2
	5	62,5	325,4	262,9
Průměrná hodnota [μm]				242
Směrodatná odchylka [μm]				25,48027

Kombinace V-V, teplota 110 °C, šíře vzorku 125 mm, zatížení 9 N				
č. skenu	č. řezu	min [μm]	max [μm]	rozdíl hodnot [μm]
1	1	74,4	312,8	238,4
	2	113,4	347,6	234,2
	3	113,3	370,3	257
	4	119,4	365,5	246,1
	5	140,7	334,5	193,8
2	1	65,9	327,7	261,8
	2	40,6	309,5	268,9
	3	100,3	321	220,7
	4	95,3	327,7	232,4
	5	81,4	328,1	246,7
3	1	27,7	374,3	346,6
	2	49,8	317,6	267,8
	3	76,3	361,9	285,6
	4	88,4	337,1	248,7
	5	83,6	347,9	264,3
4	1	85,8	385,8	300
	2	114	385,1	271,1
	3	46,5	322,9	276,4
	4	98,8	401,3	302,5
	5	114,4	402,7	288,3
5	1	98,7	422,1	323,4
	2	61,2	377,1	315,9
	3	44,7	385,3	340,6
	4	60	374,5	314,5
	5	96,8	368,4	271,6
Průměrná hodnota [μm]				272,692
Směrodatná odchylka [μm]				36,8576

Kombinace V-V, teplota 120 °C, šíře vzorku 125 mm, zatížení 9 N				
č. skenu	č. řezu	min [μm]	max [μm]	rozdíl hodnot [μm]
1	1	54,1	298,8	244,7
	2	99,6	292,1	192,5
	3	44,9	287,3	242,4
	4	49,2	315,6	266,4
	5	59,1	327,1	268
2	1	85,6	336,7	251,1
	2	56,8	352	295,2
	3	100,7	356,6	255,9
	4	90,8	344,8	254
	5	86,9	342	255,1
3	1	61,8	389,3	327,5
	2	77	405,1	328,1
	3	77,4	398,9	321,5
	4	21,9	354,8	332,9
	5	70,6	358,1	287,5
4	1	100,5	329,9	229,4
	2	77,5	375,9	298,4
	3	101,5	379,3	277,8
	4	86,8	348,3	261,5
	5	77,8	332,9	255,1
5	1	119,2	386,4	267,2
	2	71,2	396,3	325,1
	3	89,6	359	269,4
	4	55,8	380,8	325
	5	72,9	371,3	298,4
Průměrná hodnota [μm]				277,204
Směrodatná odchylka [μm]				35,25862

Kombinace V-V, teplota 130 °C, šíře vzorku 125 mm, zatížení 9 N				
č. skenu	č. řezu	min [μm]	max [μm]	rozdíl hodnot [μm]
1	1	128,3	336,5	208,2
	2	149,3	348,8	199,5
	3	143	374,4	231,4
	4	153,5	383,8	230,3
	5	188,2	363,8	175,6
2	1	90,7	489,2	398,5
	2	100	476	376
	3	79,9	489,2	409,3
	4	111,6	459,8	348,2
	5	96,6	457,4	360,8
3	1	114,6	391,4	276,8
	2	114,1	403,3	289,2
	3	124,2	418,5	294,3
	4	113,2	422,5	309,3
	5	85,4	386,1	300,7
4	1	81,6	429,9	348,3
	2	73	390,6	317,6
	3	58,7	414,8	356,1
	4	107,4	442,6	335,2
	5	127,6	447,6	320
5	1	78	420,3	342,3
	2	113,7	413,5	299,8
	3	76,8	389,2	312,4
	4	61,4	416,4	355
	5	78,6	427,6	349
Průměrná hodnota [μm]				309,752
Směrodatná odchylka [μm]				60,06873

B. Naměřené hodnoty z laserového mikroskopu vzorků 2. setu

Kombinace U-U, teplota 100 °C, šíře vzorku 300 mm, bez zatížení				
č. skenu	č. řezu	min [μm]	max [μm]	rozdíl hodnot [μm]
1	1	101,5	294,4	192,9
	2	61,1	283,1	222
	3	89,9	277	187,1
	4	87,1	265	177,9
	5	72,2	239,7	167,5
2	1	13,9	228,4	214,5
	2	56,4	251,2	194,8
	3	78,7	263,3	184,6
	4	40,5	225,7	185,2
	5	30,4	255,1	224,7
3	1	61,2	260,1	198,9
	2	101,8	270,9	169,1
	3	130	306,8	176,8
	4	136,8	381	244,2
	5	118,8	388,9	270,1
4	1	91	233,9	142,9
	2	78,4	236,4	158
	3	77,2	234,9	157,7
	4	47,9	170,5	122,6
	5	45,2	172,7	127,5
5	1	60,2	245,6	185,4
	2	88,1	275,2	187,1
	3	86,5	274,6	188,1
	4	117	295,6	178,6
	5	126,5	313,8	187,3
Průměrná hodnota [μm]				185,82
Směrodatná odchylka [μm]				32,30189

Kombinace U-U, teplota 100 °C, šíře vzorku 300 mm, zatížení 9 N				
č. skenu	č. řezu	min [μm]	max [μm]	rozdíł hodnot [μm]
1	1	121,7	352,7	231
	2	102,3	369,6	267,3
	3	35,1	322,4	287,3
	4	83,4	306,4	223
	5	107,9	307,4	199,5
2	1	141,9	309,8	167,9
	2	53,7	303,5	249,8
	3	34,8	326,6	291,8
	4	49,5	325,6	276,1
	5	63,7	287,1	223,4
3	1	73,6	303,5	229,9
	2	117,7	348,9	231,2
	3	96,1	375,1	279
	4	62	337,6	275,6
	5	72,8	284	211,2
4	1	52,1	254,9	202,8
	2	26,8	332,2	305,4
	3	127,8	297,1	169,3
	4	99,2	269,9	170,7
	5	91,5	240	148,5
5	1	113,3	333,3	220
	2	17,3	393,9	376,6
	3	35,3	385,9	350,6
	4	127,5	332,6	205,1
	5	79	318,6	239,6
Průměrná hodnota [μm]				241,304
Směrodatná odchylka [μm]				54,6437

Kombinace U-U, teplota 110 °C, šíře vzorku 300 mm, bez zatížení				
č. skenu	č. řezu	min [μm]	max [μm]	rozdílnost hodnot [μm]
1	1	45,8	282,4	236,6
	2	26,3	303,2	276,9
	3	41,7	270,6	228,9
	4	37,4	253,6	216,2
	5	65,1	282	216,9
2	1	24,3	323,6	299,3
	2	61,8	304,2	242,4
	3	56,2	306,8	250,6
	4	53,1	345,9	292,8
	5	98,3	355,3	257
3	1	46,6	283,8	237,2
	2	58,5	288,9	230,4
	3	85,4	325,9	240,5
	4	67,9	338	270,1
	5	128,1	361,9	233,8
4	1	78,9	232,7	153,8
	2	56	278,6	222,6
	3	78,8	309,8	231
	4	87,2	284,9	197,7
	5	63,8	281,9	218,1
5	1	56,6	214,9	158,3
	2	91,1	283,9	192,8
	3	100,8	247,6	146,8
	4	73,7	264,8	191,1
	5	80,1	278,6	198,5
Průměrná hodnota [μm]				225,612
Směrodatná odchylka [μm]				38,4514

Kombinace U-U, teplota 110 °C, šíře vzorku 300 mm, zatížení 9 N				
č. skenu	č. řezu	min [μm]	max [μm]	rozdíl hodnot [μm]
1	1	68,9	402,9	334
	2	72,9	449,3	376,4
	3	61,1	448,2	387,1
	4	43,6	400,12	356,52
	5	80,8	402,9	322,1
2	1	19,9	355,4	335,5
	2	11,7	367,1	355,4
	3	51	366,2	315,2
	4	27	341,8	314,8
	5	43,1	323,4	280,3
3	1	58	384	326
	2	107,5	390,9	283,4
	3	84,8	396,2	311,4
	4	101,3	391,3	290
	5	58,9	402	343,1
4	1	141,5	430,5	289
	2	140,2	436,9	296,7
	3	154,9	439,5	284,6
	4	154,3	428,2	273,9
	5	143,8	418,6	274,8
5	1	95,9	366,2	270,3
	2	39,4	356,6	317,2
	3	95,7	364,4	268,7
	4	113	363,8	250,8
	5	92,2	378	285,8
Průměrná hodnota [μm]				309,7208
Směrodatná odchylka [μm]				34,96962

Kombinace U-U, teplota 110 °C, šíře vzorku 300 mm, zatížení 16,41 N				
č. skenu	č. řezu	min [μm]	max [μm]	rozdílnost hodnot [μm]
1	1	73,4	524,1	450,7
	2	87,5	507,7	420,2
	3	96,3	556,9	460,6
	4	64,4	494,2	429,8
	5	74,9	501,1	426,2
2	1	143,9	457,7	313,8
	2	88,4	481	392,6
	3	73,1	512,3	439,2
	4	96,4	468,5	372,1
	5	67,4	415,8	348,4
3	1	90,5	448,2	357,7
	2	119,1	485	365,9
	3	89,3	439,5	350,2
	4	97,3	503,5	406,2
	5	128,2	495,2	367
4	1	47,5	481,7	434,2
	2	71,1	497	425,9
	3	71	515	444
	4	85,1	548,6	463,5
	5	86,3	491,3	405
5	1	145,8	403,5	257,7
	2	126,3	462,8	336,5
	3	133,6	444,2	310,6
	4	79,8	435,7	355,9
	5	82,6	420,9	338,3
Průměrná hodnota [μm]				386,888
Směrodatná odchylka [μm]				52,46292

Kombinace V-V, teplota 100 °C, šíře vzorku 300 mm, bez zatížení				
č. skenu	č. řezu	min [μm]	max [μm]	rozdíl hodnot [μm]
1	1	41,4	266,9	225,5
	2	14,3	235,2	220,9
	3	9,6	203,3	193,7
	4	55,6	237	181,4
	5	52,8	224,5	171,7
2	1	52	276,7	224,7
	2	20,5	333,9	313,4
	3	92,2	298,6	206,4
	4	62,4	313,3	250,9
	5	43,5	284,5	241
3	1	32,5	215,2	182,7
	2	39,9	220,4	180,5
	3	47,2	224,7	177,5
	4	58,3	240,2	181,9
	5	91,6	263,3	171,7
4	1	119,6	274,6	155
	2	116,7	303	186,3
	3	69,5	274,6	205,1
	4	101,4	289,7	188,3
	5	92,8	299,1	206,3
5	1	86,2	262,8	176,6
	2	123,5	277,9	154,4
	3	122,7	287	164,3
	4	143	315,2	172,2
	5	150	317	167
Průměrná hodnota [μm]				195,976
Směrodatná odchylka [μm]				34,72407

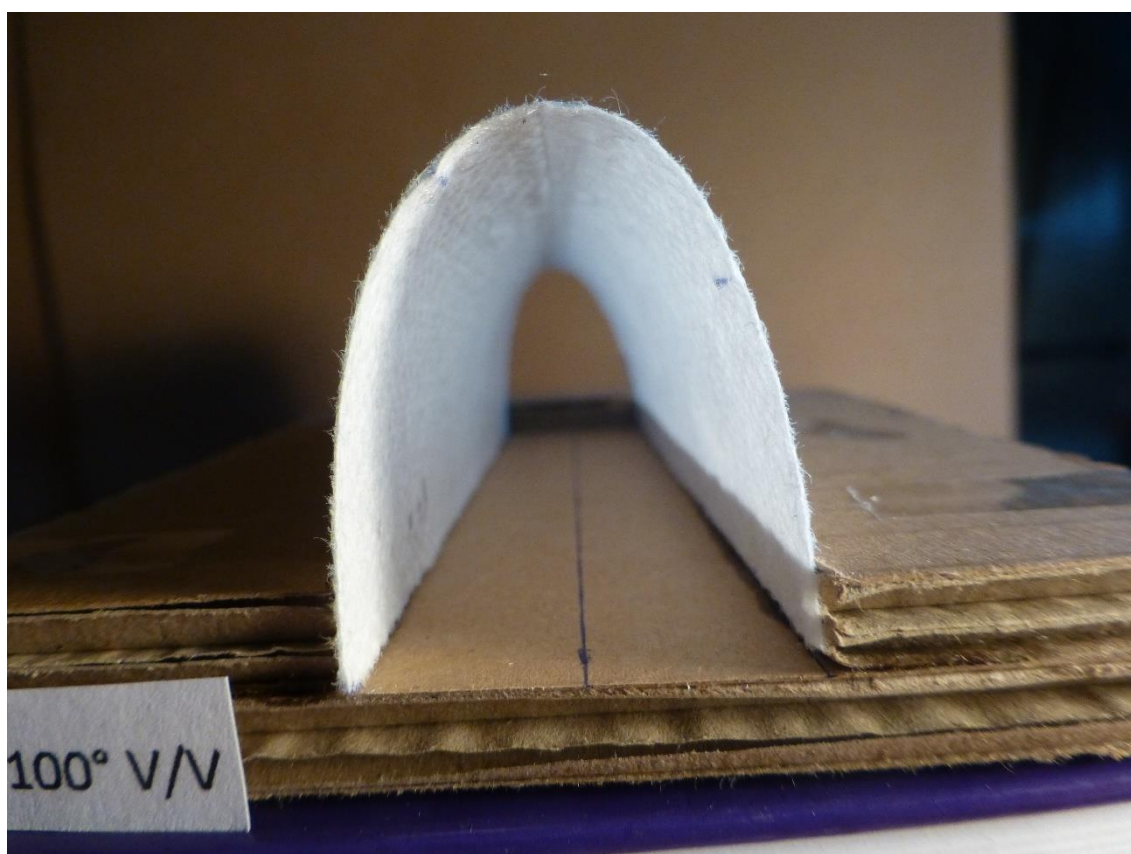
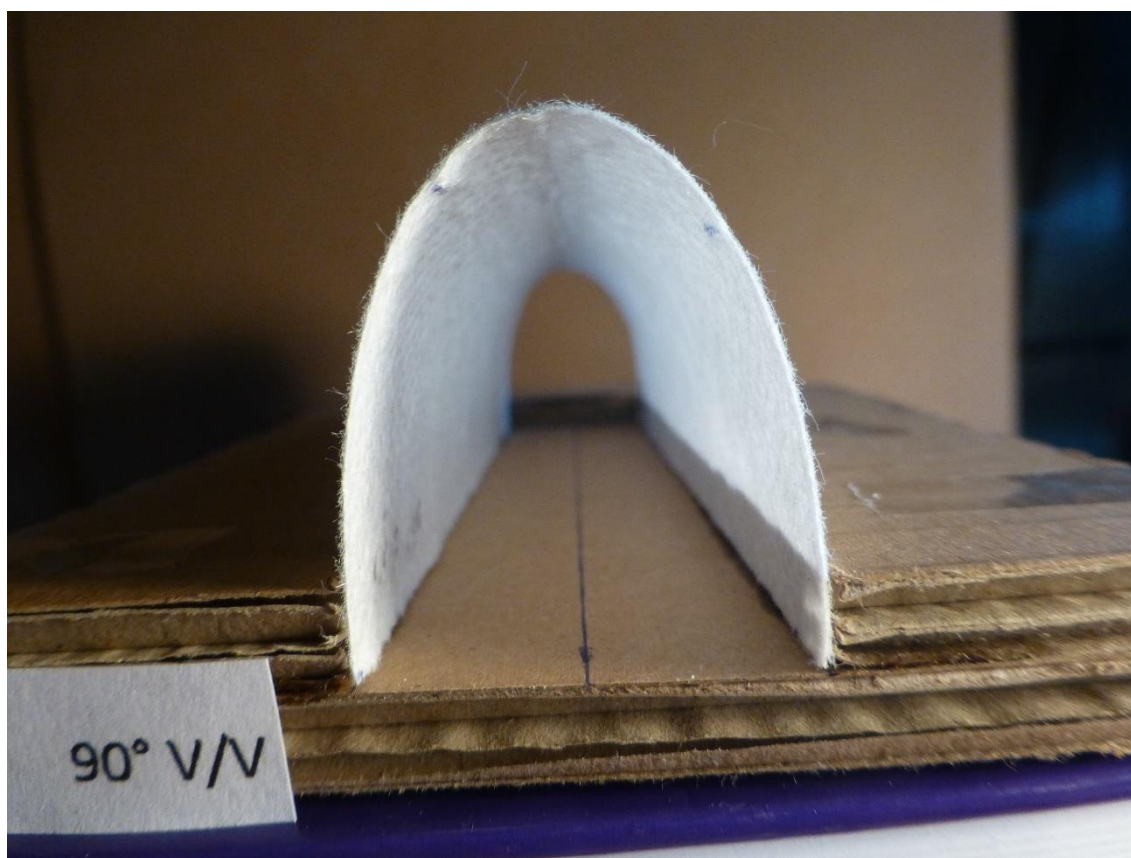
Kombinace V-V, teplota 100 °C, šíře vzorku 300 mm, zatížení 9 N				
č. skenu	č. řezu	min [μm]	max [μm]	rozdíl hodnot [μm]
1	1	34,7	300,7	266
	2	18,7	257,7	239
	3	39,9	277	237,1
	4	62,7	248,1	185,4
	5	73,1	255,4	182,3
2	1	64,3	278,3	214
	2	89,3	275,5	186,2
	3	62,5	326,9	264,4
	4	90	322,2	232,2
	5	86,3	301,1	214,8
3	1	76,1	257,3	181,2
	2	29,6	258,1	228,5
	3	22,9	273,1	250,2
	4	31	261,1	230,1
	5	84,8	260,7	175,9
4	1	71,4	356,7	285,3
	2	67,5	319,2	251,7
	3	129,4	385,8	256,4
	4	118,8	409,9	291,1
	5	124,9	386,8	261,9
5	1	171,7	347,3	175,6
	2	80,2	349	268,8
	3	115,5	365,3	249,8
	4	105,7	364,8	259,1
	5	132,3	347,5	215,2
Průměrná hodnota [μm]				232,088
Směrodatná odchylka [μm]				34,52219

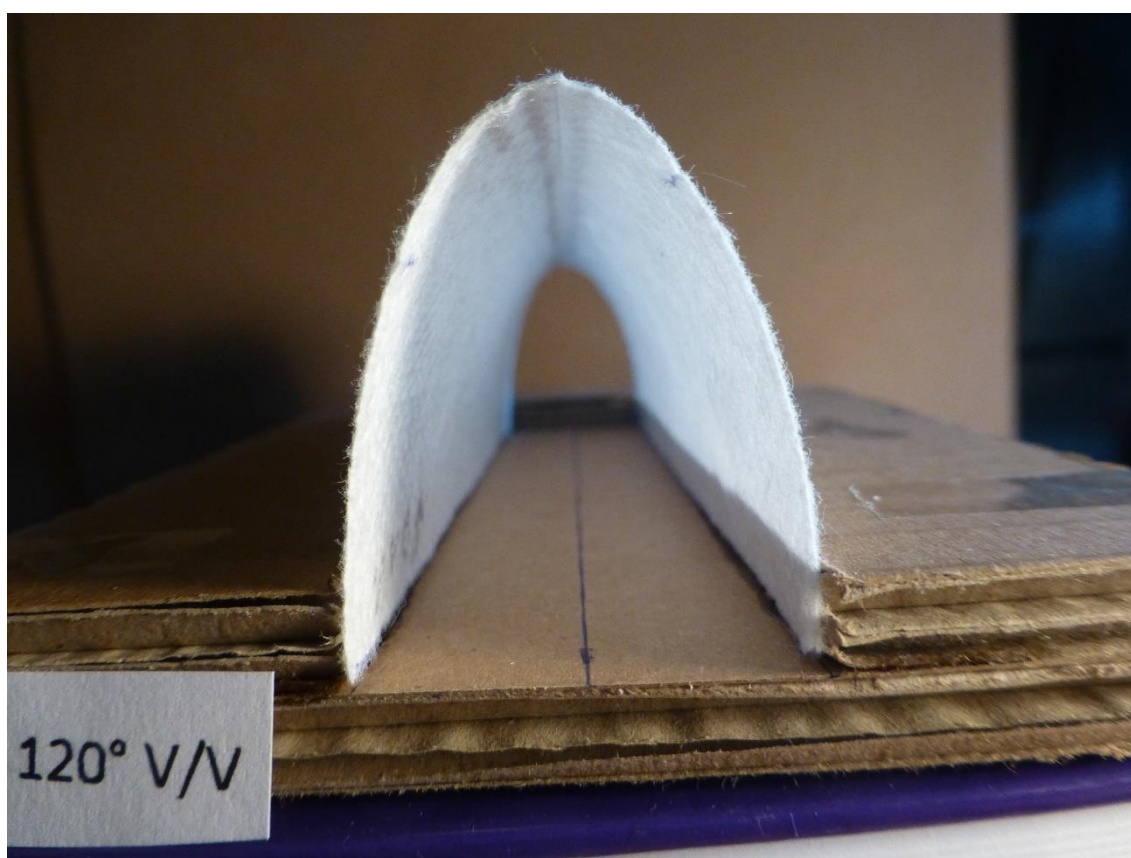
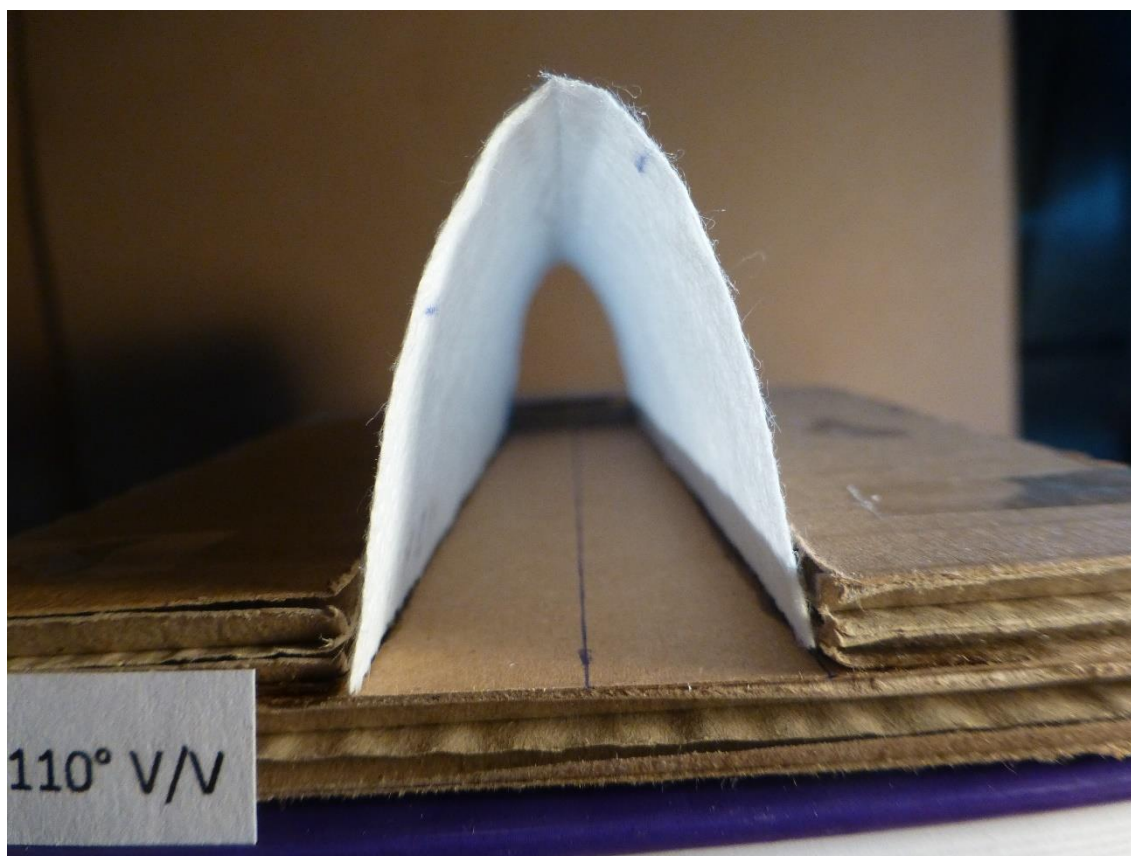
Kombinace V-V, teplota 110 °C, šíře vzorku 300 mm, bez zatížení				
č. skenu	č. řezu	min [μm]	max [μm]	rozdíl hodnot [μm]
1	1	60,4	308,7	248,3
	2	37,5	304,2	266,7
	3	32,2	331,3	299,1
	4	48	289,6	241,6
	5	56,7	308,1	251,4
2	1	43,2	229,6	186,4
	2	91,8	282,9	191,1
	3	75	295,8	220,8
	4	79,8	326,7	246,9
	5	96,4	299,6	203,2
3	1	89,7	315,6	225,9
	2	50,5	332,5	282
	3	93,8	355,6	261,8
	4	32,6	348,5	315,9
	5	72	349,1	277,1
4	1	84,7	384,7	300
	2	101,3	354,6	253,3
	3	118,4	350	231,6
	4	118,2	393,3	275,1
	5	147,1	378,2	231,1
5	1	90,2	263,8	173,6
	2	64,7	364,9	300,2
	3	124,7	385	260,3
	4	94,6	363,1	268,5
	5	150,8	333,8	183
Průměrná hodnota [μm]				247,796
Směrodatná odchylka [μm]				38,55521

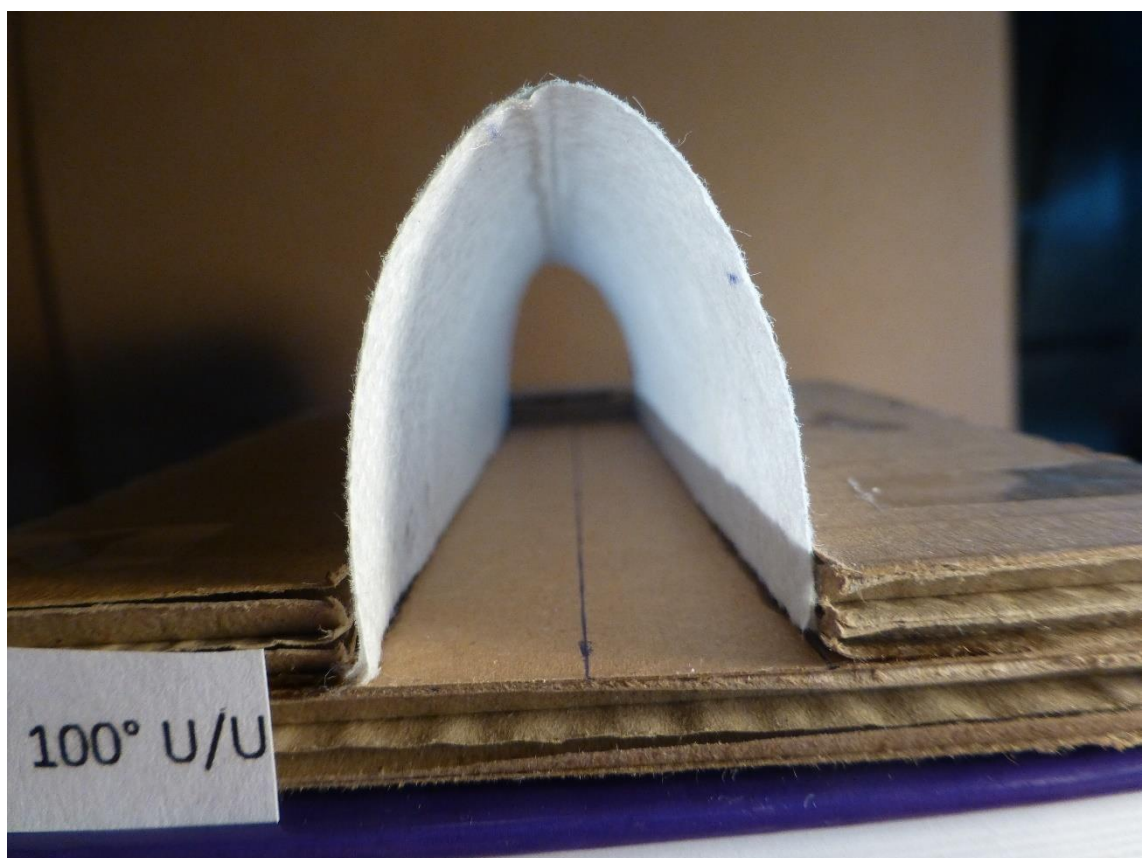
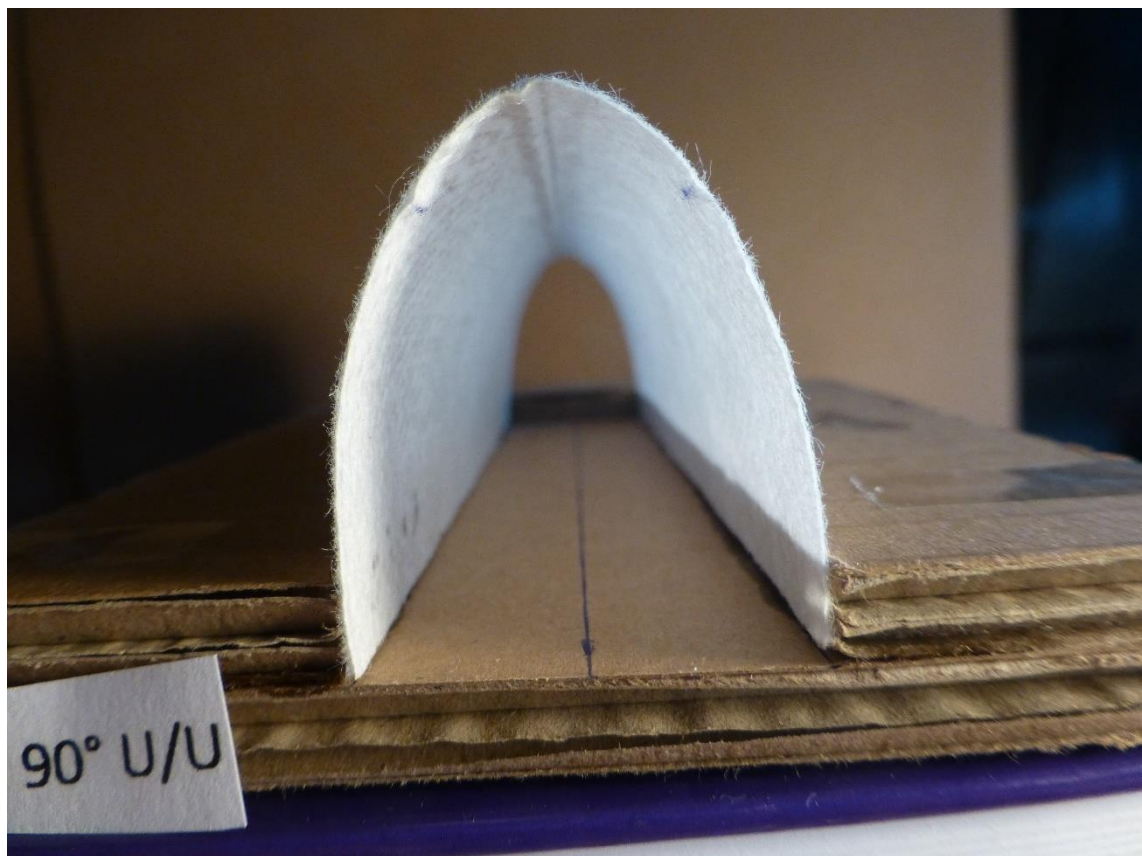
Kombinace V-V, teplota 110 °C, šíře vzorku 300 mm, zatížení 9 N				
č. skenu	č. řezu	min [μm]	max [μm]	rozdíl hodnot [μm]
1	1	124,8	454,3	329,5
	2	149	429,4	280,4
	3	110,6	430	319,4
	4	89	360,6	271,6
	5	71,1	335,7	264,6
2	1	34,6	336,7	302,1
	2	43,9	381,9	338
	3	5,2	307,3	302,1
	4	41,9	323,1	281,2
	5	68,4	346,3	277,9
3	1	73,6	241,9	168,3
	2	2,9	253,7	250,8
	3	56,4	264,2	207,8
	4	53,7	256,6	202,9
	5	66,5	258,5	192
4	1	39,2	220,7	181,5
	2	54,7	223,7	169
	3	34,7	247,3	212,6
	4	59,6	222,1	162,5
	5	43,6	227,1	183,5
5	1	87,6	358,5	270,9
	2	73	342,9	269,9
	3	113,7	358,9	245,2
	4	63,9	307,5	243,6
	5	15,5	266,4	250,9
Průměrná hodnota [μm]				247,128
Směrodatná odchylka [μm]				51,81732

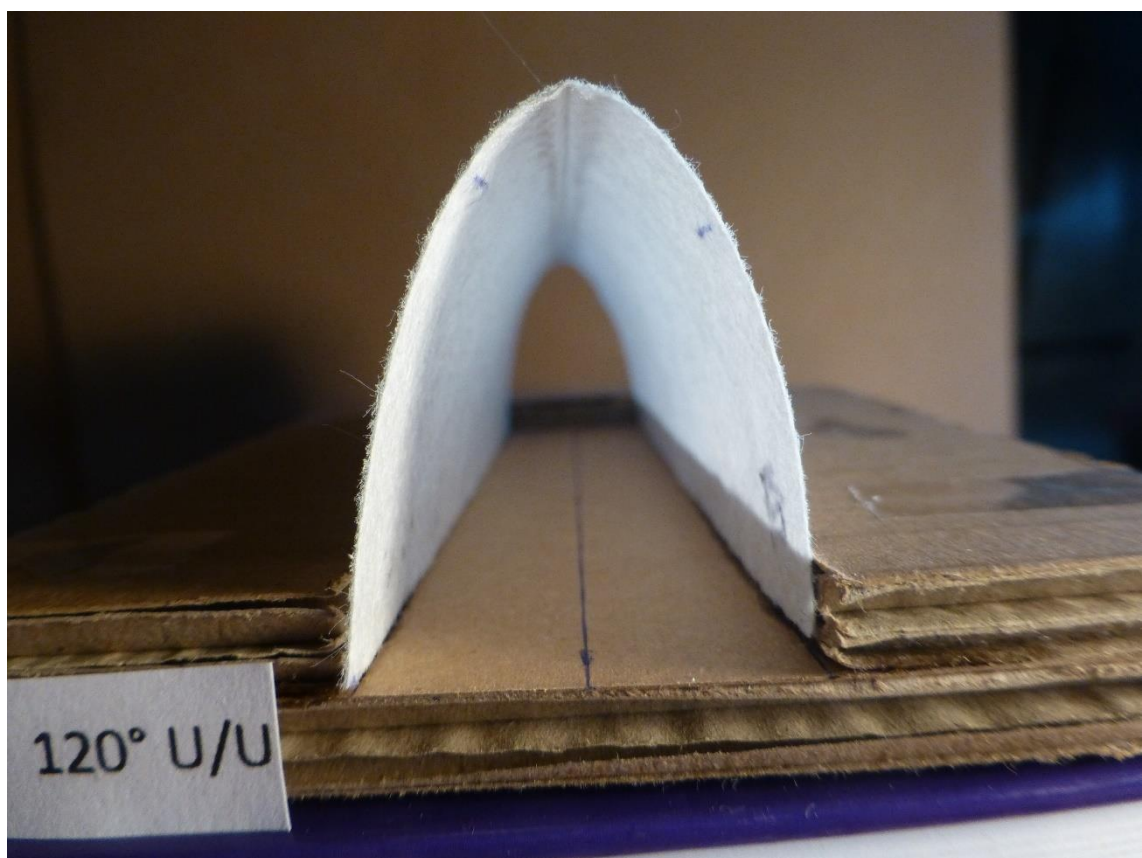
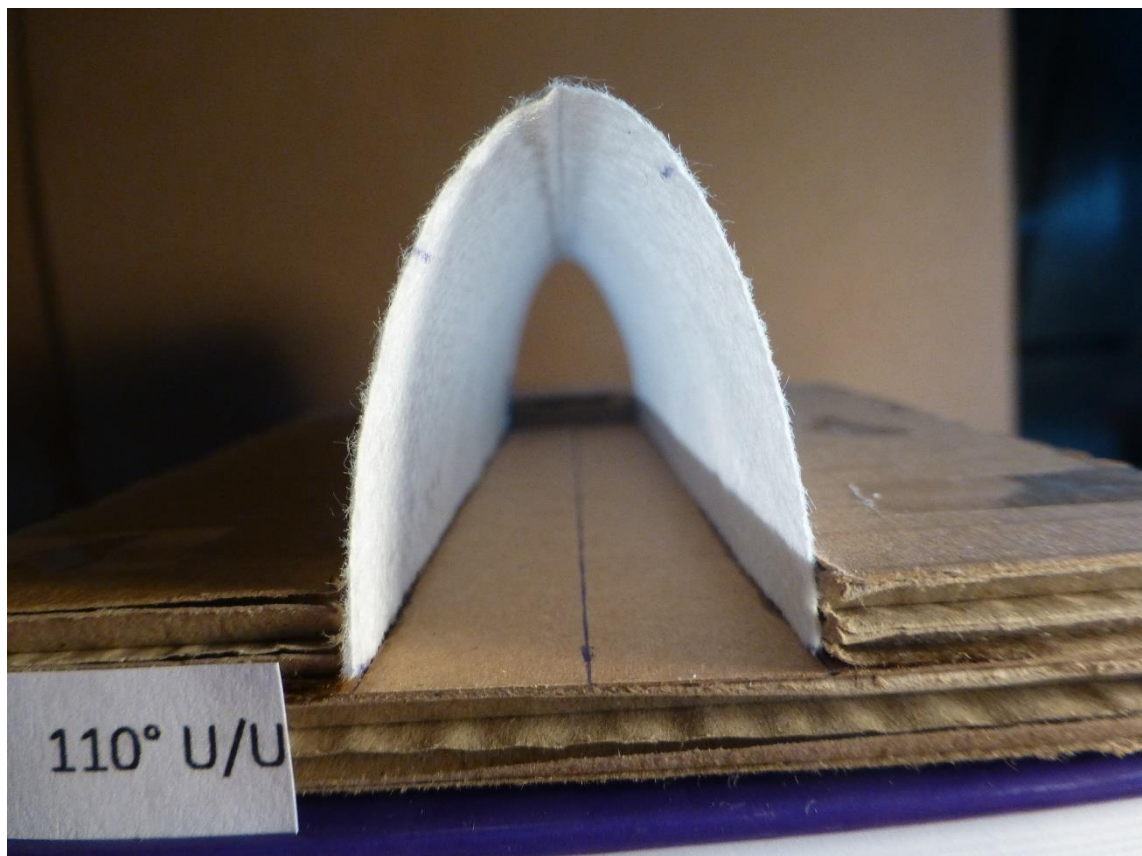
Kombinace V-V, teplota 110 °C, šíře vzorku 300 mm, zatížení 16,41 N				
č. skenu	č. řezu	min [μm]	max [μm]	rozdíl hodnot [μm]
1	1	117,9	460,8	342,9
	2	119,6	464	344,4
	3	110	425,6	315,6
	4	77,8	421,3	343,5
	5	83	412,6	329,6
2	1	19,8	269,6	249,8
	2	40,3	305,1	264,8
	3	66,6	306,2	239,6
	4	49,7	324	274,3
	5	35,6	315,5	279,9
3	1	86	389,9	303,9
	2	36	367,4	331,4
	3	65,4	353,3	287,9
	4	71	368,4	297,4
	5	53,9	380,7	326,8
4	1	92,8	311	218,2
	2	60,6	262,5	201,9
	3	47,5	263,9	216,4
	4	69,1	268	198,9
	5	34,7	268,4	233,7
5	1	148,6	367,2	218,6
	2	168,1	380,4	212,3
	3	84,6	335,6	251
	4	72,4	270,3	197,9
	5	18,4	248,1	229,7
Průměrná hodnota [μm]				268,416
Směrodatná odchylka [μm]				49,89372

C. Fotografie vzorků 3. setu









D. Výpočet řemenu translační jednotky



dp |

CONTI-HTD-900-5M-9-Synchroforce CXP

Kontaktní osoba:
Dominik Eisler
tul.cz

Tel.:
E-mail: dominik.eisler@tul.cz

Firma:

K rukám:

Aplikace:

Poznámka:



Řemen / Systémová data

Profil	PROF	[-]	HTD
Rozeč	t	[mm]	5
Délka	L _w	[mm]	900
Počet zubů	z	[-]	180
Vypočtená šířka řemene	B _{scr}	[mm]	4,16
Zvolená šířka řemene	B _{sa}	[mm]	9
Výkon motoru	η	[%]	100
Zkušební síla	Fe	[N]	-

Součinitel zařízení předpětí	K1	[-]	1,25
Provozní součinitel předpětí	K2	[-]	1,64
Vypočtený celkový provozní součinitel	C0 _{scr}	[-]	5,66
Požadovaný celkový provozní součinitel	C0 _{get}	[-]	1,80
Součinitel délky	C5	[-]	1,14
Rychlost řemene	v	[m/s]	0,20
Celková hodnota výkonu systému	Pr _{gesamt}	[kW]	0,16
Osová vzdálenost	a	[mm]	400
Hloubka stlačení	Te	[mm]	-

Obsah této tiskoviny je nezávazný a slouží výhradně za účelem poskytování informací. Uvedená aplikovaná autorská práva jsou vlastnictvím společnosti Continental AG.

Power Transmission Group
ContiTech Antriebssysteme GmbH
D-30169 Hannover . Tel.: +49 511 938 - 71
industrie.as@ptg.contitech.de

ContiTech



dp |

CONTI-HTD-900-5M-9-Synchroforce CXP

Geometrická data řemenic

#	Vnější průměr d_a [mm]	Účinný průměr d_w [mm]	Počet zubů z [-]	Souřadnice X x [mm]	Souřadnice Y y [mm]
0	30,69	31,83	20	0	0
1	30,69	31,83	20	400	0

Geometrická data

#	Úhel opášení BETA [°]	Počet zubů v záběru z_e [-]	Součinitel počtu zubů v záběru C_1 [-]	Otáčky n [1/min]	Převodový poměr i [-]
0	180	10	1	120	1
1	180	10	1	120	1

Výkonnostní data

#	Výkon P [kW]	Kroučící moment M [Nm]	Obvodová síla F_u [N]	Statická síla na ložiska $F_{L_{stat}}$ [N]	Dynamická síla na ložiska vypočtená při provozních podmínkách $F_{L_{dyn}}$ [N]
0	0,03	2,20	138	284	284
1	0,03	2,20	138	284	284

Data větve

#	Délka volné větve L_f [mm]	Statická síla ve větví První instalace s dopínáním F_{stat} [N]	Statická síla ve větví Montáž bez dopínání $F_{stat_{bez}}$ [N]
0	400	142	185
1	400	142	185

Obsah této tiskoviny je nezávazný a slouží výhradně za účelem poskytování informací. Uvedená aplikovaná autorská práva jsou vlastnictvím společnosti Continental AG.

Power Transmission Group
ContiTech Antriebssysteme GmbH
D-30169 Hannover · Tel.: +49 511 938 - 71
industrie.as@ptg.contitech.de

ContiTech



dp |

CONTI-HTD-900-5M-9-Synchroforce CXP

Předpětí

#	Délka volné větve L_f [mm]	Vlastní frekvence Instalace/Použitý řemen f_{uz} [Hz]	Vlastní frekvence Prvotní instalace bez doplnění $f_{uz_{min}}$ [Hz]	CONTI - Přístroj VSM Mini Instalace/Použitý řemen $f_{C_{uz}}$ [Hz]	CONTI - Přístroj VSM Mini Prvotní instalace bez doplnění
0	400	85	97	57	65
1	400	85	97	57	65

Obsah této tiskoviny je nezávazný a slouží výhradně za účelem poskytování informací. Uvedená aplikovaná autorská práva jsou vlastnictvím společnosti Continental AG.

Power Transmission Group
ContiTech Antriebssysteme GmbH
D-30169 Hannover . Tel.: +49 511 938 - 71
industrie.as@ptg.contitech.de

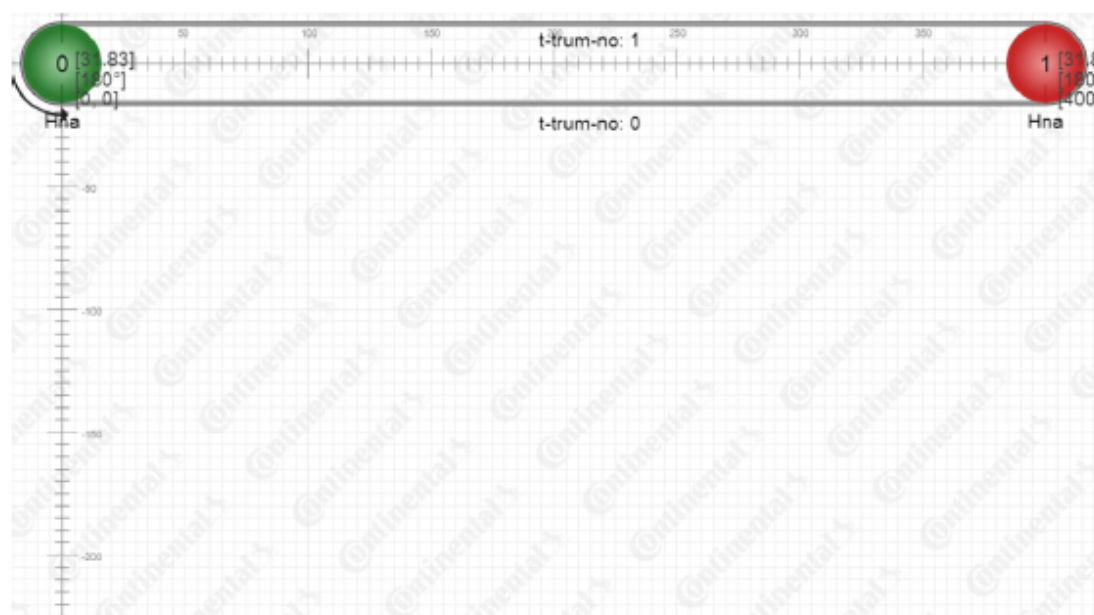
ContiTech



dp |

CONTI-HTD-900-5M-9-Synchroforce CXP

Grafický náhled pohonu



Obsah této tiskoviny je nezávazný a slouží výhradně za účelem poskytování informací. Uvedená aplikovaná autorská práva jsou vlastnictvím společnosti Continental AG.


Power Transmission Group
ContiTech Antriebssysteme GmbH
D-30169 Hannover . Tel.: +49 511 938 - 71
industrie.as@ptg.contitech.de

ContiTech

CONTI-HTD-900-5M-9-Synchroforce CXP



Schematické značení řemenu

	SYNCHROFORCE CXP	HTD	900	5M	DO NOT CRIMP MADE IN GERMANY	2021-03-25
---	------------------	-----	-----	----	---------------------------------	------------

Profil	HTD 5M	
Rozteč	5	[mm]
Konstrukce	Druh materiálu: Polychloroprén Tažná vlákna: Skelná vlákna Tkanina: Speciálně upravený Polyamid	
Šířka	9 (+0,4/-0,8)	[mm]
Výška řemenu	3,60 (+0,25/-0,25)	[mm]
Tolerance délky	900 (+0,33/-0,33) na osové vzdálenosti	[mm]
Hmotnost / 1 m délky	3,06x10 ⁻²	[kg/m]
Připustná obvodová síla @ 0,30%	512	[N]
Připustná obvodová síla @ 0,40%	651	[N]
Tvrdost	86 (+5/-5)	[Shore A]
Min. počet zubů	14	[-]
Min. průměr řemenice	22,27	[mm]
Min. průměr vnější kladky	33	[mm]
Vlastnosti	Teplotní odolnost od -20°C do +100°C Odolný proti tukům Odolný v tropickém prostředí Bez přísady sazí Antistatic podle ISO 9563 Vhodné pro použití s reverzním ohybem	

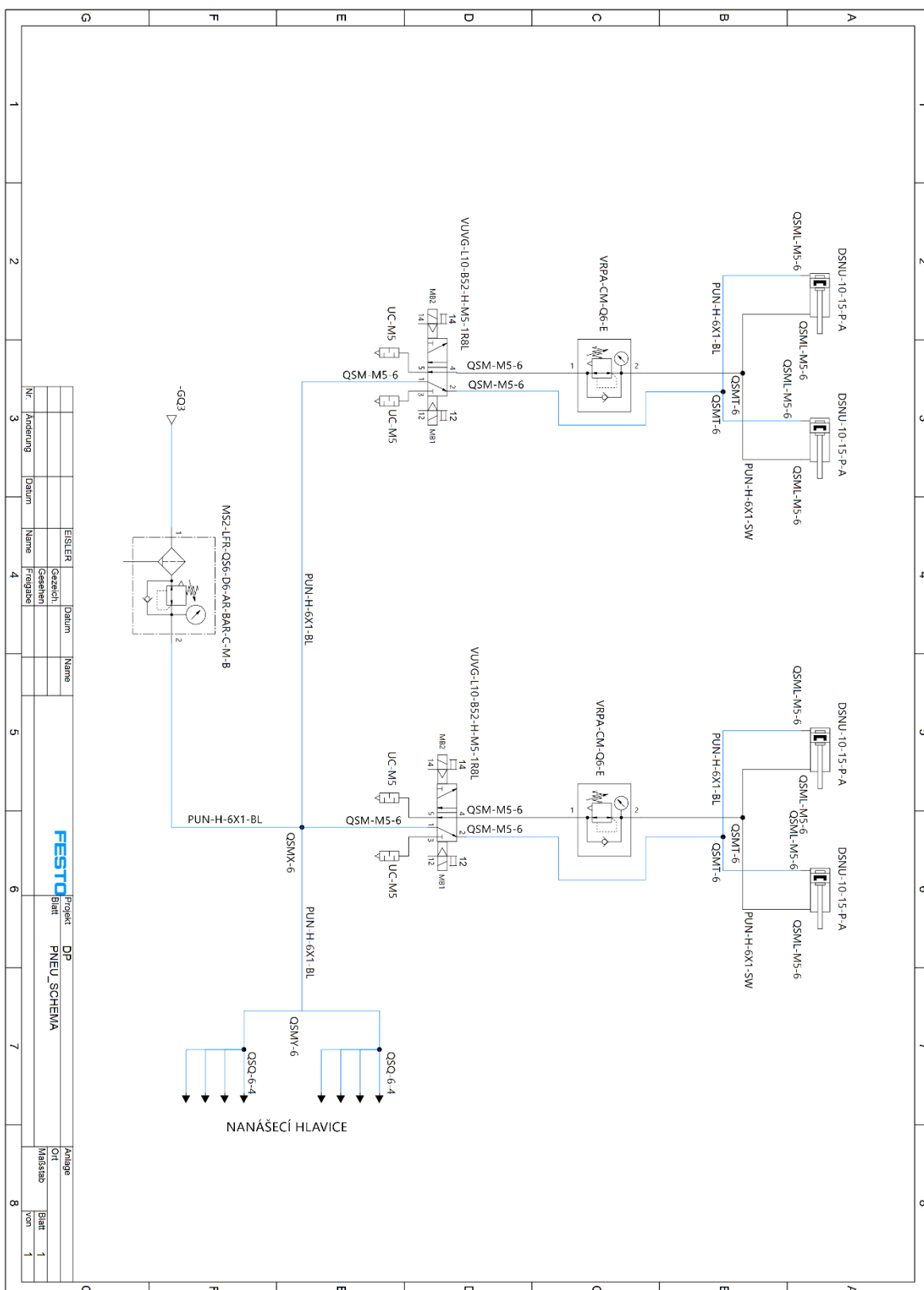
Obsah této tiskoviny je nezávazný a slouží výhradně za účelem poskytování informací. Uvedená aplikovaná autorská práva jsou vlastnictvím společnosti Continental AG.

Power Transmission Group
ContiTech Antriebssysteme GmbH
D-30189 Hannover . Tel.: +49 511 938 - 71
industrie.as@ptg.contitech.de

ContiTech

Created with CONTIPROfessional V2.0.0 | PDF V6.2.17 | Created on: 2021-03-25 | Page 5 of 5

E. Pneumatické schéma



F. Technický list lepidla D61544.1

BÜHNEN

Technický list
D61544.1 – kapsle

BÜHNEN GmbH & Co. KG
Hintern Sielhof 25
28277 Bremen

Telefon: +420 736 446 458
Fax: +48 71 345 00 82
www.buehnen-cz.cz
www.buehnen.de

LEPIDLO

Číslo produktu: **D61544.1 - kapsle**

ZAŘÍZENÍ PRO APLIKACI: **HB 700 serie**
HB nádržová zařízení

OBLASTI POUŽITÍ: Přilnavé lepidlo pro fixaci a montáž v mnoha průmyslových oblastech, např. fixace izolačních materiálů na nosné materiály, fixace izolačních látek a pro polstrovaný nábytek

VLASTNOSTI: Lepidlo je charakterizováno vysokou povrchovou přilnavostí. Vykazuje velmi dobré adhezivní vlastnosti k papíru, lepence, dřevu, textiliím, pění, sklu, keramice, kovům a mnoha umělým hmotám, jako ABS, PS, PE, PP, PVC, PMMA, PC, PETP, PA, a POM

Použité suroviny odpovídají FDA předpisům 175.105 pro potravinové obaly

POPIS

Typ: Lepidlo na bázi termoplastického kaučuku:

Barva: Žlutavá, čirá

Charakter: komponenty lepidla jsou kvalifikovány jako nezávadné, produkt nemusí být označen jako nebezpečný.

TECHNICKÁ DATA

Bod tání: cca 87°C (kroužek a kulička)

Viskozita: cca. 1700 mPas při 180°C (Brookfield)

Hustota: cca. 0,97 g/cm³

Pracovní teplota: 120 - 180°C

Otevřený čas trvale lepivý

Rozměr, velikost: kapsle cca 18 g

FORMA DODÁVKY

Kapsle v 15 kg kartonu

Minimální rozdíly v barvě lepidla neznají jinou či nižší kvalitu lepidla

SKLADOVÁNÍ

Trvanlivost minimálně dva roky při pokojové teplotě (DIN50010) a v originálním balení. Z důvodu možné změny vnějšího tvaru lepidla je vhodné se vyvarovat vyšším teplotám (např. slunečnímu záření).

APLIKACE

Lepené plochy musí být bez prachu, nečistot, vlhkosti a mastnoty. Změkčovadla v plastech a barvách mohou ovlivnit trvanlivost lepeného spoje.

Tavné lepidlo naneste jako bod, film nebo linii v dostatečně tloušťce, přiložte plochy k sobě a přitlačte. To zvýší pevnost spoje

Lepidlo je stabilní proti tepelnému a oxidativnímu snížení. Při extrémních tepelných nárocích např. teplotám nad 180°C nebo dlouhém setrvání v roztaveném stavu se doporučuje použití ochranných plynů (dusíku a oxidu uhličitého)

BEZPEČNOSTNÍ POKYNY

Pozorně si přečtěte návod k použití k nanášecímu zařízení.

POZOR: horké! Lepidlo a tryska zařízení dosahují teplot u kterých hrozí popálení. V takových případech ihned ochlaďte postižené místo studenou vodou popř. vyhledejte lékařské ošetření

Tavná lepidla i při předepsaných pracovních teplotách vyluhují páry, které vykazují mírný zápach. Při dlouhodobém překročení předepsané pracovní teploty může dojít v důsledku těchto par u některých jedinců k podtáždění sliznice

Při zpracování většího množství lepidla v uzavřeném prostoru zajistěte dostatečné odvětrání.

KOMENTÁŘ!

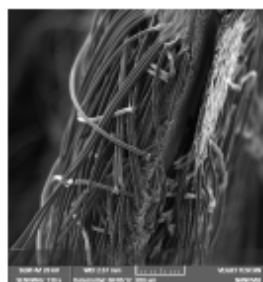
Naše technické listy a publikace jsou navrženy za účelem poskytování poradenství dle našich nejlepších znalostí a zkušeností. Obsah není právně závazný. Doporučujeme Vám v každém případě provést vlastní zkoušky a testy. V ostatních případech platí naše všeobecné obchodní podmínky.

Naše odborné poradenství a rychlé dodání Vám zaručí spolehlivou péči.

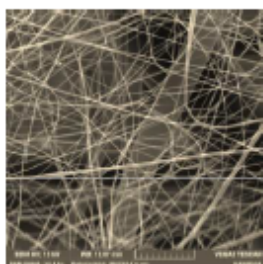
G. Technický list Nanovia Anti Virus SMNF 57



Nanovia Anti Virus SMNF 57

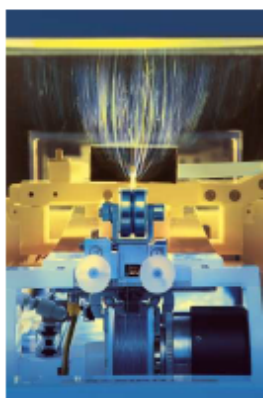


The material provides very high efficiency in the capture of bacteria, viruses and very fine dust and excellent physiological comfort for consumers (breathability, permeability to water vapor).



Nanovia AntiMicrobe products are laminated fabric that prevent penetration of microorganisms and dust based on a mechanical collecting principle. Pore size in nanofibers structure are significantly smaller than the size of bacteria or viruses.

These materials are manufactured with using the most modern textile technologies takes advantage of the unique barrier quality of submicron fibers (nanofibers). By using nanofibrous structure material is highly breathable and permeable to water vapor.



Nanovia AntiVirus SMNF 57 is intended for production of disposable surgical masks type II/IIR according EN 14683:2005.

Composition of the fabric Nanovia AntiVirus SMNF57

four-layered textile laminate
outer layer: PP spunbond/meltblown 37 g/m²
inner layer: nanofibers layer of polymer PVDF
outer layer: PP spunbond 20 g/m²

www.nanovia.cz

Nanovia s.r.o. | Podkrusnohorská 271, Litvinov, 436 03 | Czech Republic



Technical specifications

Nanovia AntiVirus SMNF 57			
Physical properties	Value	Unit	Testing Method
Area weight	60	g/m ²	EN 12127
Strength in longitudinal direction	87	N	EN 13934-1
Bacterial filtration Efficiency	99,9	%	ASTM F2100 EN 14683
Viral filtration Efficiency	99,9	%	ASTM F2100
Filtration efficiency for particle size 0,3 µm	≥ 93,0	%	EN 1822
Breathability	44	ΔP (Pa/cm ²)	ASTM F2100 EN 14683
Water vapour resistance	1,2	Ret (Pa.m ² .W ⁻¹)	EN ISO 11902
Skin irritability	no response	-	EN ISO 10993-10

Protocols of testing are available on request.

Material **Nanovia Antivirus SMNF 57** is available for customers in a form metrage roll of wound up on paper tube of 76 mm diameter. Material comes in white colour.

Typ	Width (cm)	The length of material on the tube	Weight of the wound up roll (kg)
Nanovia AntiVirus SMNF 57	97 until the end of 2015	300	19
	155 from 2016	200	20

The material can be cut across the width to the width of the roll necessary for the production of face masks. Length of material on roll in a small width of about 500 lm.

Recommended usage:

Nanovia Antivirus SMNF 57 is suitable for disposable one-time-use surgery masks type II/IR according EN 14683:2005, or protective face masks against virus and fine dust particles. Filtration efficiency of the material corresponds to the category of PM 1,0.

www.nanovia.cz
Nanovia s.r.o. | Podkrusnohorská 271, Litvinov, 436 03 | Czech Republic

H. Výkresy nástrojů zkušebního přípravku

Číslo výkresů:

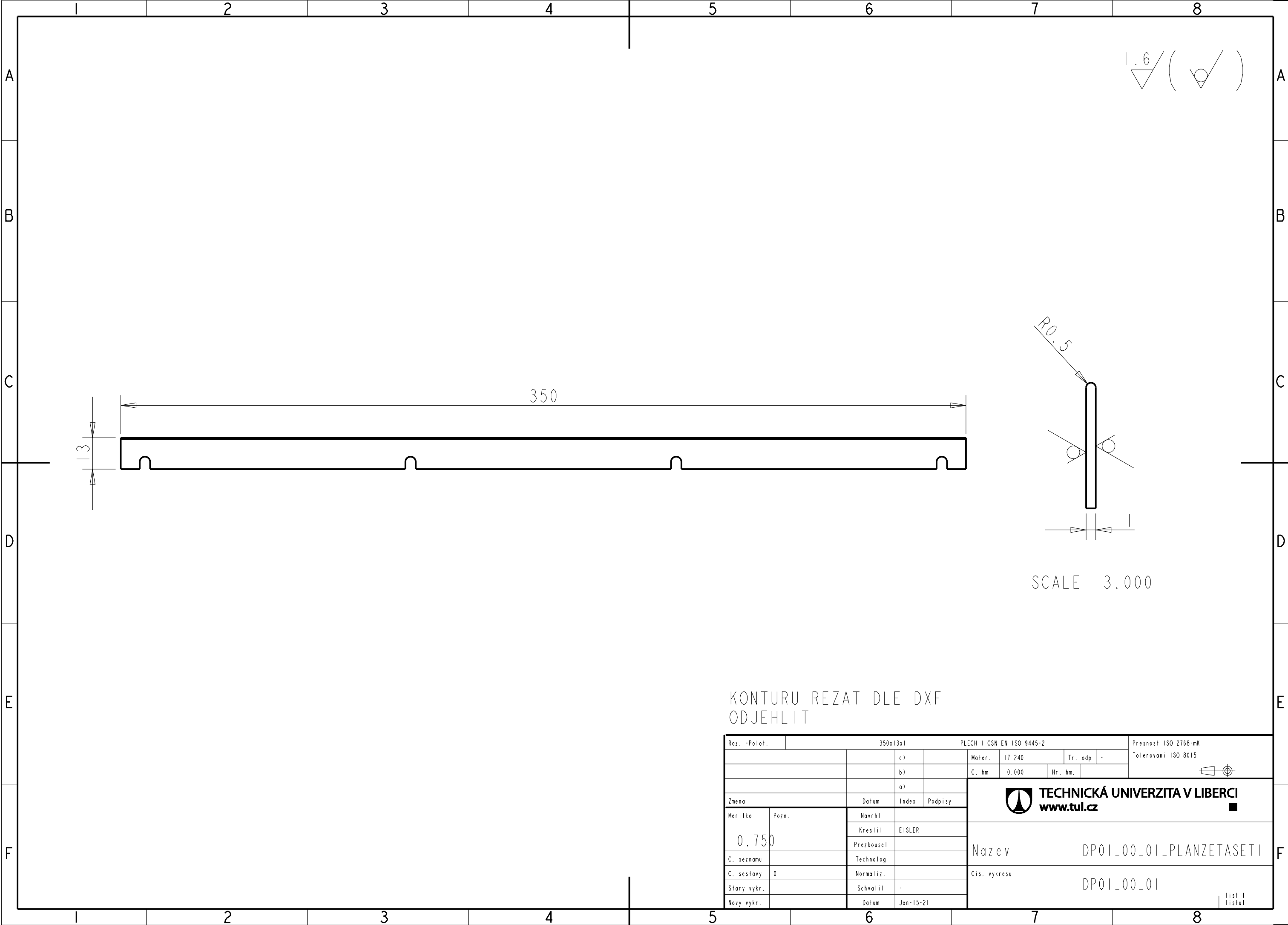
DP01_00_01

DP01_00_12


DP01_00_13

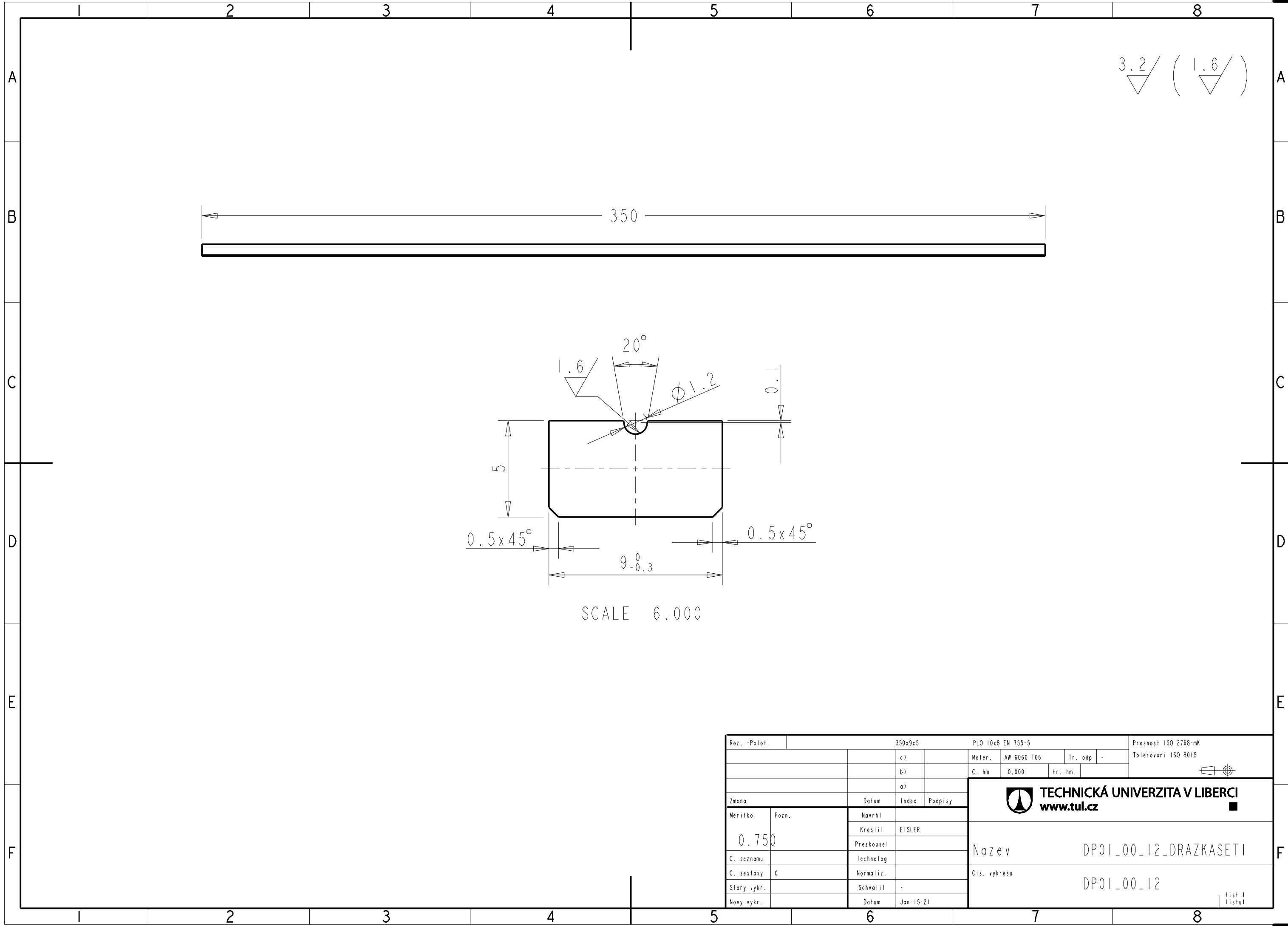
DP01_00_15



DP01_00_16

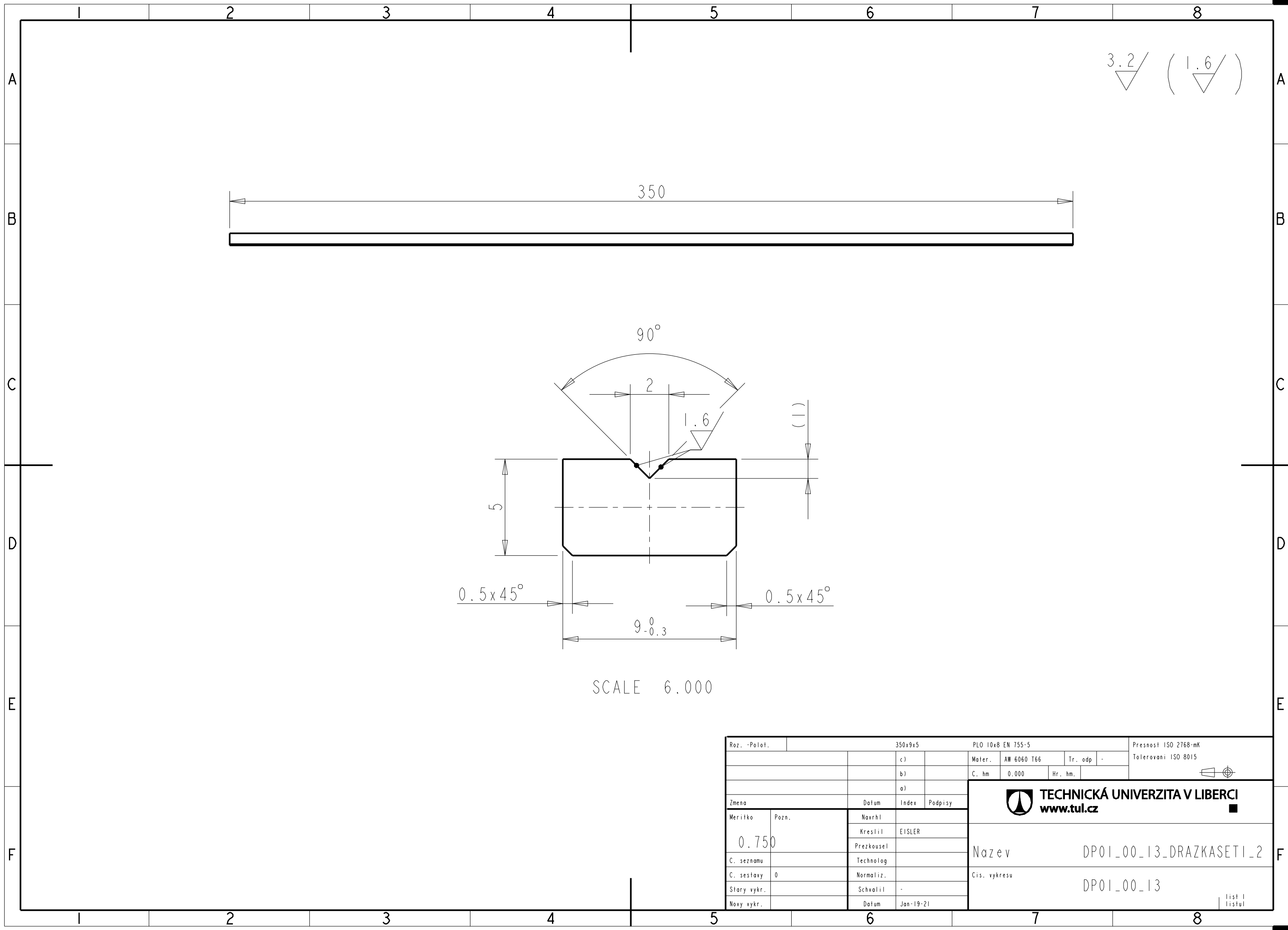




KONTURU REZAT DLE DXF
ODJEHLIT

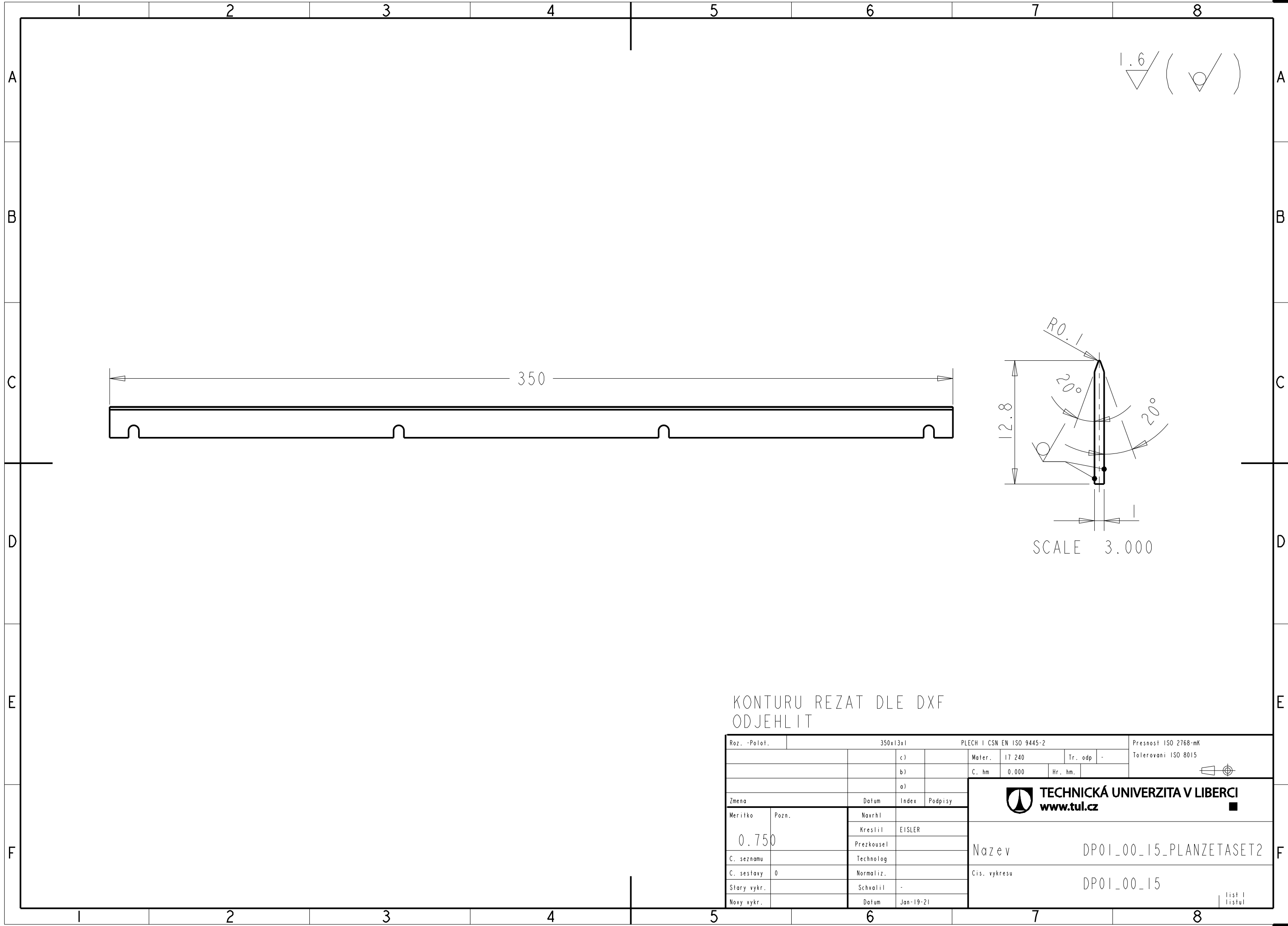
Roz. -Počet.		350x13x1		PLECH I CSN EN ISO 9445-2				Presnost ISO 2768-mK		
		c)		Mater.	I7 240		Tr. odp	-	Tolerovani ISO 8015	
		b)		C. hm	0.000	Hr. hm.				
		a)		<div>TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI www.tul.cz</div> <div>Nazev</div> <div>DP01_00_01_PLANZETASETI</div> <div>Cis. vykresu</div> <div>DP01_00_01</div> <div>list 1</div> <div>listul</div>						
Zmena		Datum	Index							Podpisy
Meritko	Pozn.	Navrhl								
0.750		Kreslil	EISLER							
C. seznamu		Prezkousel								
C. sestavy	0	Technolog								
Stary vykr.		Normaliz.								
Novy vykr.		Schvalil	-							
		Datum	Jan-15-21							




Roz. -Polot.		350x9x5		PLO 10x8 EN 755-5			Presnost ISO 2768-mK		
		c)		Mater.	AW 6060 T66	Tr. odp	-	Tolerovani ISO 8015	
		b)		C. hm	0.000	Hr. hm.			
		a)		<div>TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI www.tul.cz</div>					
Zmena		Datum	Index						Podpisy
Meritko	Pozn.	Navrhl							
0.750		Kreslil	EISLER						
		Prezkousel							
C. seznamu		Technolog							
C. sestavy	0	Normaliz.							
Stary vykr.		Schvalil	-						
Novy vykr.		Datum	Jan-15-21						
				Nazev		DP01_00_12_DRAZKASETI			
				Cis. vykresu		DP01_00_12			
				<div>list 1 listul</div>					

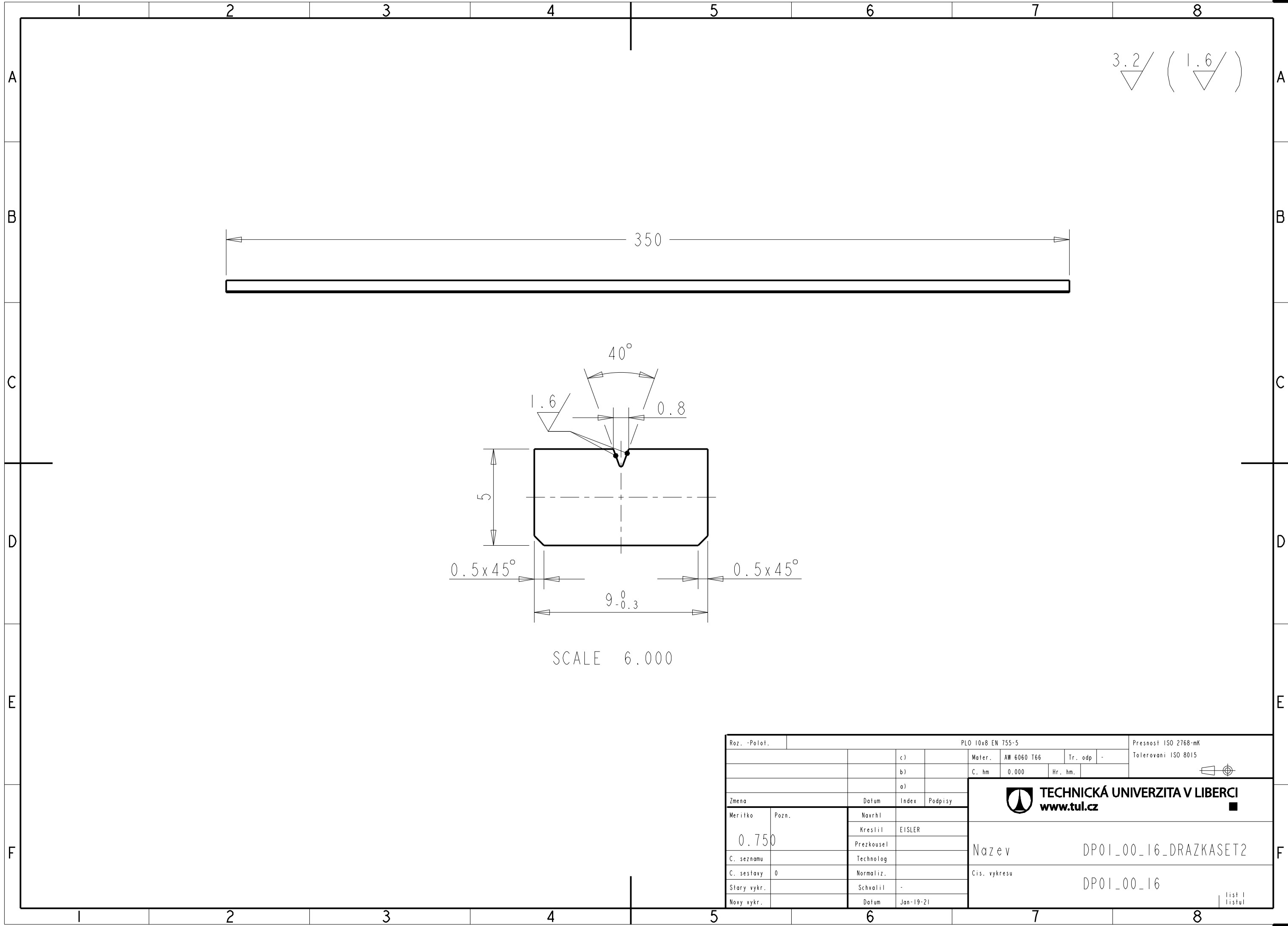



Roz. -Polot.		350x9x5		PLO 10x8 EN 755-5			Presnost ISO 2768-mK		
		c)		Mater.	AW 6060 T66	Tr. odp	-	Tolerovani ISO 8015	
		b)		C. hm	0.000	Hr. hm.			
		a)		<div>TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI www.tul.cz</div>					
Zmena		Datum	Index						Podpisy
Meritko	Pozn.	Navrhl							
0.750		Kreslil	EISLER						
C. seznamu		Prezkousel							
C. sestavy	0	Technolog			Název DP01_00_13_DRAZKASETI_2				
Stary vykr.		Normaliz.			Cis. vykresu DP01_00_13				
Novy vykr.		Schválil	-						
		Datum	Jan-19-21		list 1 listul				



KONTURU REZAT DLE DXF
ODJEHLIT

Roz. -Polot.		350x13x1			PLECH I CSN EN ISO 9445-2			Presnost ISO 2768-mK	
		c)		Mater.	I7 240	Tr. odp	-	Tolerovani ISO 8015	
		b)		C. hm	0.000	Hr. hm.			
		a)		<div>TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI www.tul.cz</div> <div>NazevDP01_00_15_PLANZETASET2</div> <div>Cis. vykresuDP01_00_15</div> <div>list 1 listul</div>					
Zmena		Datum	Index						Podpisy
Meritko	Pozn.	Navrhl							
0.750		Kreslil	EISLER						
C. seznamu		Prezkousel							
C. sestavy	0	Technolog							
C. sestavy	0	Normaliz.							
Stary vykr.		Schvalil	-						
Novy vykr.		Datum	Jan-19-21						



Roz. -Polot.		PLO 10x8 EN 755-5					Presnost ISO 2768-mK		
		c)		Mater.	AW 6060 T66	Tr. odp	-	Tolerovani ISO 8015	
		b)		C. hm	0.000	Hr. hm.			
		a)		<div>TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI www.tul.cz</div>					
Zmena		Datum	Index						Podpisy
Meritko	Pozn.	Navrhl							
0.750		Kreslil	EISLER						
		Prezkousel							
C. seznamu		Technolog							
C. sestavy	0	Normaliz.							
Stary vykr.		Schvalil	-						
Novy vykr.		Datum	Jan-19-21						
				Naze vDP01_00_16_DRAZKASET2					
				Cis. vykresuDP01_00_16					
				list 1 listul					